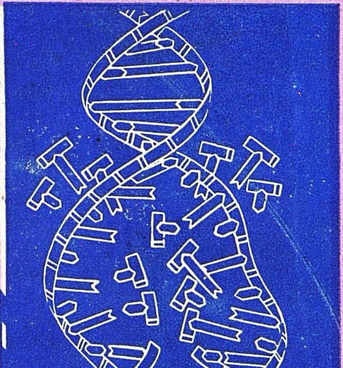
உயிரி இயற்பியல்-I

BIOPHYSICS - I

எம். தட்சிணாமூர்த்தி
கே. என். ராமசந்திரன்





தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க. வெ.) வரிசை எண் 717

உயிரி இயற்பியல் – I

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்படி வெளியிடப்படுகின்றது)

ஆசிரியர்கள் :

கே. என். ராமச்சந்திரன், எம்.ஏ.,எம்.எஸ்ஸி.,

எம். தட்சிணாமூர்த்தி, எம்.எஸ்ஸி.,

இயற்பியல் துணைப் பேராசிரியர்கள்,

மன்னர் சரபோஜி அரசினர் கல்லூரி,

தஞ்சாவூர்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition — July, 1976

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 717

BIOPHYSICS — I

K. N. RAMACHANDRAN AND
M. DAKSHINAMOORTHY

Price Rs. **12-15**

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Printed out of the Paper allotted by the Government of India.

Printed by
V. P. S. PRINTERS,
Madras-600005

பதிப்புரை

உயிரி இயற்பியல் - I என்ற இந் நூல், தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 717 ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 752 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு, கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் 'மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்'தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

மேலாண்மை இயக்குநர்
தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

பொருளடக்கம்

1. வாயுக்களின் பண்புகள்

உலகில் பொருள்கள் வாயு, திரவம், திண்மம் ஆகிய மூன்று உருவங்களில் அமைந்துள்ளன. இவை பொருள் நிலைகள் (States of Matter) எனப்படும்.

ஒரு வாயு நிச்சயமான உருவத்தையோ பருமத்தையோ பெற்றிருப்பதில்லை. அதற்கு வரம்புப் பரப்புக் கிடையாது. அது கிடைக்கின்ற பகுதி முழுவதையும் அடைத்துக் கொள்கிறது. அதன் பருமம் அழுத்தத்தையும் வெப்ப நிலையையும் பொறுத் துள்ளது. அதாவது அழுத்தமோ அல்லது வெப்பநிலையோ அல்லது இரண்டும் சேர்ந்தோ மாறினால் ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் பருமமும் மாறுகிறது.

வாயுநிலையிலிருந்து திண்ம நிலைக்குப் போகும்போது பொருள் அமைப்பின் சிக்கல் அதிகரிக்கிறது. வாயுக்கள் எளிமையான அமைப்புள்ளவை. எல்லா வாயுக்களும், அவற் றின் பண்புகள் எவ்வாறிருந்தாலும் அவற்றின் அழுத்தமும் வெப்ப நிலையும் மாறும்போது, சில சீரான மாற்றங்களுக்குட்படு கின்றன. இத்தகைய மாற்றங்களைச் சில வாயுவிதிகளினால் நிர்ணயம் செய்யலாம். இந்த விதிகள் வாயுக்களின் தன்மை களைப் பொறுத்தவையல்ல. எல்லா வாயுக்களிலும், ஒரு குறிப் பிட்ட அளவின் பருமத்தை அந்த அளவின் அழுத்தம், வெப்ப நிலை அதிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை ஆகிய மூன்று அலகுகளின் அடிப்படையில் கண்டுபிடித்துவிடலாம்.

உயிரிகளைச் சுற்றிலும் வாயுமண்டலம் பரவியிருப்பதாலும் உயிர்களுக்கும் வாயு மண்டலத்திற்குமிடையில் சதா பரிமாற்றங் கள் நிகழ்ந்து கொண்டிருப்பதாலும் வாயுக்களின் தன்மைகளைப் பற்றித் தெரிந்துகொள்வது அத்தியாவசியமாகிறது. மேலும் விலங்கு, தாவர உயிரிகளின் வாழ்வில் நீர்த்த கரைசல்கள்

மிக முக்கியமான பங்கு வகிக்கின்றன. நீர்த்த கரைசல்கள் வாயுக்களை ஒத்த பல பண்புகளை உடையனவாயிருக்கின்றன.

பாயிலின் விதி

1662ஆம் ஆண்டு 'பாயில்' என்ற விஞ்ஞானியின் சோதனைகளின் முடிவில் கண்டுபிடிக்கப் பெற்ற விதியாகும். இவ் விதி ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் கன அளவில் மேல் அழுத்தத்தின் விளைவினை விளக்குகிறது.

வெப்பநிலை மாருமலிருக்கும் பொழுது ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் கன அளவு அதன் அழுத்தத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் உள்ளது. பாயிலின் விதியைக் கணித முறையில் கூறுவோமானுல், மாரு வெப்பநிலையில்

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{அல்லது} \quad V = K\frac{1}{P}$$

இச் சமன்பாட்டில் P என்பது வாயுவின் அழுத்தத்தையும், V என்பது வாயுவின் கன அளவையும், K என்பது மாறிலியையும் குறிக்கிறது.

$$\text{எனவே } PV = K \qquad (1)$$

இதிலிருந்து வெப்பநிலை மாருமல் இருக்கும்போது ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் அழுத்தம், பருமன் இவற்றின் பெருக்கற் பலன் ஒரு மாறிலியாகும் என்பது தெளிவாகிறது. எண் மதிப்பு எடுத்துக்கொண்ட வாயுவின் நிறை, வெப்பநிலை, P, V இவற்றின் அலகுகளைப் பொறுத்திருக்கும்.

V_1 கன அளவு கொண்ட குறிப்பிட்ட நிறையுடைய காற்றின் அழுத்தம் P_1 என்ருல், வெப்பநிலை மாரு நிலையில்

$$P_1 V_1 = \text{மாறிலி.}$$

மேற்கூறிய அதே வெப்ப நிலையில் V_2 கன அளவு கொண்ட அதே நிறையுடைய காற்றின் அழுத்தம் P_2 என்ருல்

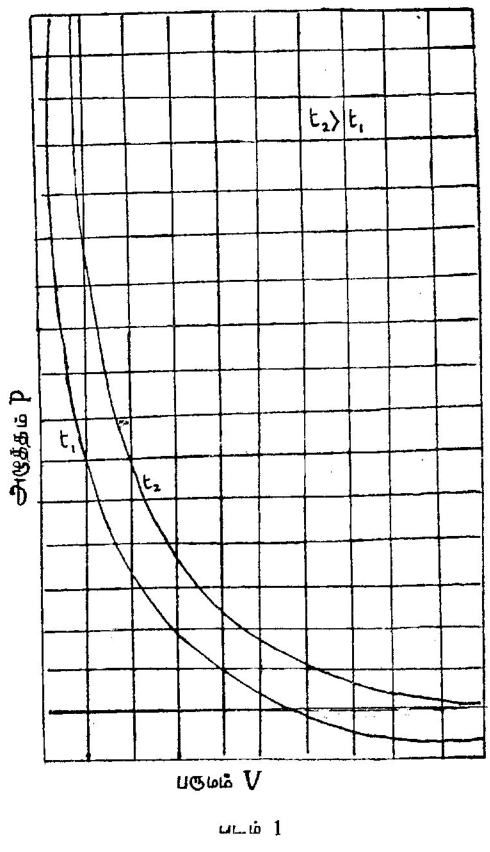
$$P_2 V_2 = \text{மாறிலி.}$$

$$\text{எனவே } P_1 V_1 = P_2 V_2 \qquad (2)$$

அதாவது குறிப்பிட்ட நிறையுடைய காற்றின் குறிப்பிட்ட அழுத்தத்தில் உள்ள கன அளவு தெரிந்தால் அதன் வெப்பநிலை

மாருமல் இருக்குமானுல் மற்றொரு அழுத்தத்தில் உள்ள கன அளவைக் கணக்கிடலாம்.

பாயிலின் விதிக்குக் கீழ்ப்படிகின்ற வாயுக்களின் தன்மைகளை வரைபடமுறையில் காணலாம். குறிப்பிட்ட நிறையுடைய காற்றின் அழுத்தம், கன அளவு ஆகியவற்றிக்கு, t_1, t_2 வெப்ப நிலைகளில் வரையப்படும் படம் செவ்வக அதிபரவளையங்

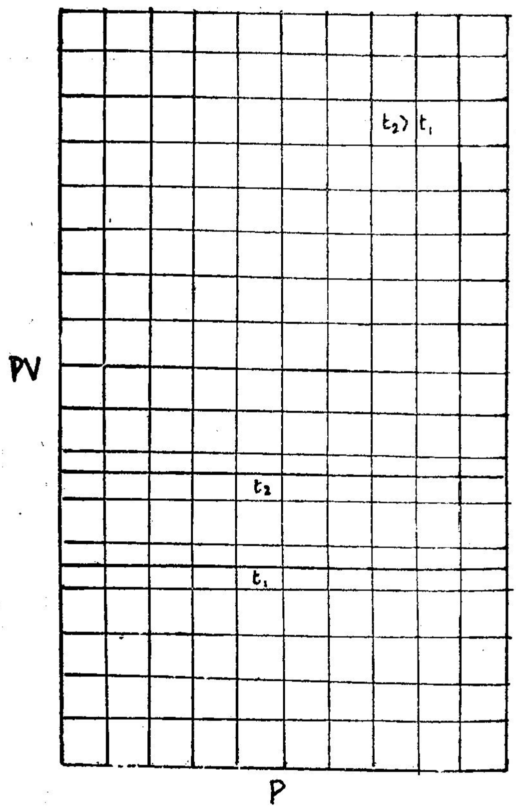


படம் 1

களாக உள்ளது. அழுத்தம், கன அளவு இவற்றின் பெருக்கற் பலன், அழுத்தம் இவற்றுக்கு இடையே வரையப்படும் படம் நேர்கோடாக உள்ளது. t_1 வெப்பநிலையிலும் t_2 வெப்ப நிலையிலும் வரையப்படும் கோடுகள் இணையாகவுள்ளன.

சார்லஸ் விதி

வெவ்வேறு வாயுக்கள் சம அளவு வெப்பநிலை உயர்விற்குட்படும் போது சம பின்ன அளவு விரிவையே அடைகின்றன என்பதை 1787ஆம் ஆண்டு J. A. C. சார்லஸ் என்ற விஞ்ஞானி கூறினார். 1802ஆம் ஆண்டு J. L. கே-லூசாக்ஸ் எனும் விஞ்ஞானி 1°C வெப்பநிலை உயர்வினால் ஏற்படும் விரிவைக்



படம் 2

கண்டறிந்தார். 0°C-ல் வாயுவின் பருமனின் 1/273 பாகத்திற்குச் சமமாகும். ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் பருமன் எவ்வாறு வெப்பநிலையைப் பொறுத்திருக்கிறது என்ற சார்லஸ் விதியைப் பின்வருமாறு வரையறுக்கலாம். 'அழுத்தம் மாரு நிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் பருமன் 1°C வெப்பநிலை உயரும் பொழுது அல்லது குறையும் பொழுது 0°C-ல் உள்ள

பரும அளவில் 1/273 பங்கு அதிகரிக்கிறது அல்லது குறை கின்றது.' எனவே, ஒரு கொடுக்கப்பட்ட வாயுவின் பருமன் 273 மி. லிட்டராக 0°C-ல் இருக்கும்பொழுது அதன் வெப்பநிலை 1°C ஆக உயர்த்தப்படுமேயானால் அதன் பருமன் 274 மி. லிட்டராகும். மாறாக 1°C ஆக குறைக்கப்படுமானால் அதன் பருமன் 272 மி. லிட்டராகும்.

குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் பருமன் 0°C-ல் V_0 ஆகவும், t_1°C-ல் V_1 ஆகவும் இருந்தால்,

$$V_1 = V_0 + t_1\left(\frac{V_0}{273}\right) = V_0\left(1+\frac{t_1}{273}\right) = V_0\left(\frac{273+t_1}{273}\right) \quad (3)$$

t_2°C-ல் V_2 ஆக இருந்தால்,

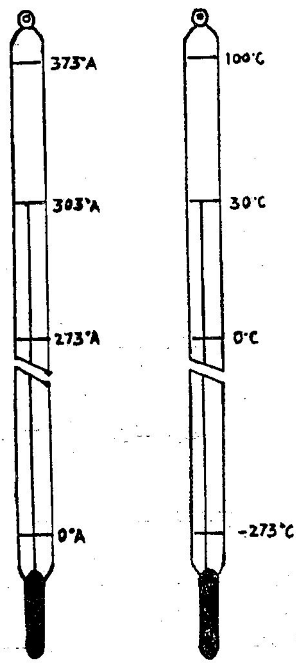
$$V_2 = V_0 + t_2\left(\frac{V_0}{273}\right) = V_0\left(1+\frac{t_2}{273}\right)$$

$$= V_0\left(\frac{273+t_2}{273}\right) \quad (4)$$

எனவே (3), (4) சமன்பாடுகளின்படி

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{273+t_1}{263+t_2} \quad (5)$$

சமன்பாடு 5-ன் மூலமாக ஒரு புதுவகை வெப்பநிலை அளவுகோலை அடையலாம்; அதாவது அவ் வளவுகோலின் சுழி − 273°C -க்குச் சமமாகும். அவ்வளவுகோலின் T என்ற வெப்பநிலை t°C வெப்பநிலையுடன் 273ஐக் கூட்டுவதால் பெறலாம். $T = 273 + t$. இவ் வளவுகோலின் வெப்பநிலை 'சார்பிலா வெப்பநிலை' என்றழைக்கப்படுகிறது. இதனை K° என்ற குறியால் குறிக்கலாம்.



படம் 3

சார்பிலா வெப்பநிலை அளவீட்டின் சுழியே வெப்பநிலையில்

பெறக்கூடிய மிகக் குறைந்த வெப்பநிலையாகும். எனவே, சார்பிலா வெப்பநிலையின் வரையறையின்படி சமன்பாடு 5 மாற்றப்படுமாயின்,

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

அல்லது $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

அல்லது $\frac{V}{T} = K_2$ (ஒரு மாறிலி) (6)

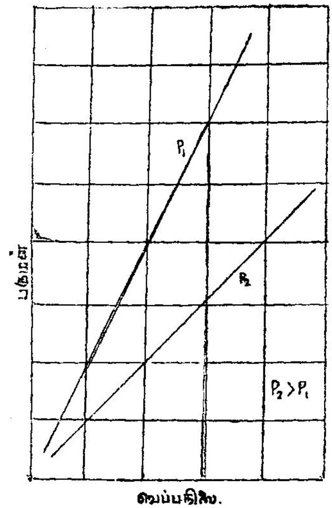
எனவே 6ஆம் சமன்பாட்டின்படி 'மாறா அழுத்தநிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் பருமன் சார்பிலா வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது' என்பது தெளிவாகும். K_2 என்ற மாறிலியின் எண் மதிப்பு எடுத்துக்கொள்ளப்பட்ட வாயுவின் நிறை, அழுத்தம், அதன் பருமன் வெப்பநிலையை அளக்கும் அலகுகள் இவற்றைப் பொறுத்திருக்கிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவை ஒரு கொள்கலத்தில் அடைத்துப் பருமன் மாறுநிலையில் வெப்பநிலை உயர்த்தப்படுமாயின் அதன் அழுத்தம் அதிகரிக்கும். எனவே 'மாறுப் பரும நிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் அழுத்தம் அதன் சார்பிலா வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது என்பதை அறியலாம்.

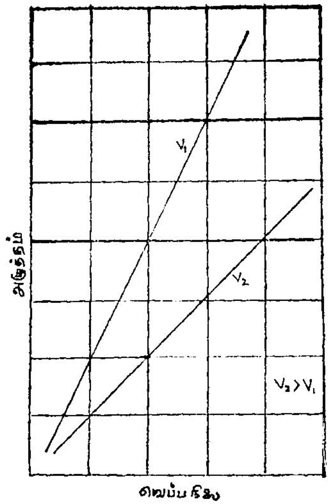
எனவே $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

அல்லது $\frac{P}{T} = K_3$ (மாறிலி). (7)

பருமன் மாறுநிலையில் ஒரு வாயுவின் அழுத்தம், அதன் சார்பிலா வெப்பநிலை இவற்றுக்கான வரைபடம் அல்லது அழுத்தம் மாறுநிலையில் ஒரு வாயுவின் பருமன் அதன் சார்பிலா வெப்பநிலை இவற்றுக்கான வரைபடம் நேர்கோடாக அமையும் என்பதைப் படங்கள் மூலமாக அறியலாம்.



படம் 4



படம் 5

ஒரு வாயுவின் அழுத்தம் பருமன், வெப்பநிலைக்கான சமன்பாடு ‘ நிலைச்சமன்பாடு ’ (Equation of state) எனப்படும். இச் சமன்பாட்டை பாயில், சார்லஸ் விதிகள் இரண்டையும் இணைப்பதால் பெறலாம்.

$PV =$ மாறிலி (மாறு வெப்பநிலையில்)

$\frac{V}{T} =$ மாறிலி (மாறு அழுத்தத்தில்)

$\frac{P}{T} =$ மாறிலி (மாறுப் பருமனில்)

எனவே $\frac{PV}{T} = K$ (மாறிலி) (8)

சமன்பாடு (8) நிலைச் சமன்பாடாகும்.

நிலைச் சமன்பாட்டின்படி ‘ ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் வெப்பநிலை, அழுத்தம், பருமன் இவற்றை அளக்கும் அலகுகளைப் பொறுத்திருக்கும். எனவே, நிலைச்சமன்பாட்டின் படி ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் வெப்பநிலை, அழுத்தம் மாறுபடும்பொழுது அதன் பருமன் தக்கவாறு மாறுபட்டு PV/T ஒரு மாறிலியாகும்.’

அவகாட்ரோ புனைவுகோள் (Avagadro's Hypothesis)

அவகாட்ரோ புனைவுகோளின்படி 'சமபருமனுள்ள எல்லா வாயுக்களின் அழுத்தம், வெப்பநிலை மாறுதிருக்குமானால் அவற்றின் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை ஒன்றுயிருக்கும்.' இப் புனைவுகோளைச் சோதனையின் வாயிலாக விளக்க இயலவில்லை என்றாலும் வேதியியலில் ஒரு முக்கிய விதியாகவிருக்கிறது. சம பருமனுள்ள வாயுக்கள் சம எண்ணிக்கையுள்ள மூலக்கூறுகளின் எடையின் தகவாகும். எனவே, வெவ்வேறு வாயுக்களின் மூலக்கூறு எடையை ஒரே அலகு மூலம் குறிப்பிட்டால், அவ்வாயுக்களின் அழுத்தம், வெப்பநிலை மாறுதிருக்குமானால் அவை சம பருமனுள்ளவையாகவிருக்கும். மூலக்கூறு எடையைக் கிராமில் குறிப்பிட்டால், அது கிராம் மூலக்கூறு எடை (Gram-Molecular Weight) அல்லது கிராம்-மூலக்கூறு (Gram Molecule) அல்லது மோல் (Mole) என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன், கார்பன்டை ஆக்ஸைடு இவற்றின் மூலக்கூறு எடை முறையே 32, 2·016, 44 ஆகவும், இவற்றின் கிராம் மூலக்கூறு எடை முறையே 32 கிராம், 2·016 கிராம், 44 கிராம் ஆக இருக்குமானால், அவகாட்ரோவின் புனைவுகோளின்படி இவற்றின் அழுத்தம், வெப்பநிலை மாறுநிலையில் சம பருமனைக் கொண்டிருக்கும். அதாவது ஒரு மூலக்கூறு எடை கொண்ட எந்த ஒரு வாயுவின் அழுத்தம், பருமன் மாறுதிருக்குமானால் சம பருமனைக் கொண்டிருக்கும். 0°C வெப்பநிலையில், 760 மி.மீட்டர் பாதரச உயரத்தில் ஒரு கிராம்-மூலக்கூறு வாறு 22·4 லிட்டர்கள் பருமனைக் கொண்டிருக்கும். இதுவே கிராம் மூலக்கூறு பருமன் (Gram-Molecular Volume—GMV) என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு கிராம் மூலக்கூறு வாயு 22·4 லிட்டர்கள் பருமனைக் கொண்டிருந்தால் 0°C வெப்பநிலையில் 760 மி.மீ. அழுத்தத்தை (ஒரு வளி அழுத்தம்) ஏற்படுத்தும். எனவே, பாயில் விதிப்படி 0°C வெப்பநிலையில் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு வாயுவின் பருமன் ஒரு லிட்டராக இருந்தால் அதன் அழுத்தம் 22·4 வளியழுத்தங்களாகவிருக்கும்.

இலட்சிய வாயுச் சமன்பாடு (Perfect Gas Equation)

ஒரு கிராம் மூலக்கூறு எடையுள்ள வெவ்வேறு வாயுக்கள் மாறு அழுத்தம், வெப்பநிலையில் சம பருமனைக் கொண்டிருக்கும் என்பதன் விளைவால் எல்லா வாயுக்களிலும் P, V, T சமமாக இருக்கும். எனவே, எந்த ஒரு வாயுவிற்கும் $\frac{PV}{T} = R$. இதில் R என்பது ஒரு மாறிலி. இதனை வாயு மாறிலி என்று அழைக்கலாம்.

அல்லது $PV = RT$ (9)

இதுவே இலட்சியவாயுச் சமன்பாடாகும்.

ஒரு வாயுவில் 'n' கிராம் மூலக்கூறுகள் இருந்தால்

$$PV = nRT \quad (10)$$

'W' கிராம் எடையுள்ள வாயுவில் 'M' மூலக்கூறு எடை இருந்தால் $n = \frac{W}{M}$

எனவே $$PV = \left(\frac{W}{M}\right) RT \quad (11)$$

வாயு மாறிலியின் மதிப்பு

வாயு மாறிலியின் எண் மதிப்பு P, V, T-யைக் குறிக்கும் அலகைப் பொறுத்துள்ளது. P-யை வளியழுத்தத்திலும் V-யை லிட்டரிலும் T-யை டிகிரி கெல்வினிலும் குறிப்பிட்டால் R-ன் மதிப்பு லிட்டர் வளியழுத்தங்களாகும். 273° K வெப்பநிலை யிலும் ஒரு வளியழுத்தத்திலும் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு எடையுள்ள வாயுவின் பருமன் 22·4 லிட்டர்களாகும்.

அதாவது $P = 1$ வளியழுத்தம்

$V = 22{\cdot}4$ லிட்டர்கள்

$T = 273°$ K.

எனவே

$$R = \frac{PV}{T} = \frac{1 \times 22{\cdot}4}{273}$$

$= 0{\cdot}082$ லிட்டர் வளியழுத்தம்/டிகிரி/கிராம் மூலக்கூறு. அழுத்தம் டைன்/செ.மீ. என்றும், பருமன் மி. லிட்டர் என்றும் குறிக்கப்படுமாயின் R-ன் மதிப்பு எர்குகளில் குறிக்கப்படும்.

$R = 8{\cdot}314 \times 10^7$ எர்குகள் / டிகிரி / கிராம் மூலக்கூறு. ஒரு கேலரி $4{\cdot}184 \times 10^7$ எர்குகளுக்குச் சமமானதால்

$R = 1{\cdot}984$ கேலரிகள்/டிகிரி/கிராம் மூலக்கூறு.

வாயுக்களின் கலவை - டால்டனின் பகுதி அழுத்தங்கள் பற்றிய விதி (Dalton's Law of Partial Pressure)

ஜான் டால்டன் என்பவர் 1801ஆம் ஆண்டு வாயுக் கலவை களில் நிகழும் மொத்த அழுத்தத்திற்கும், தனியே அவ் வாயு

களில் நிகழும் அழுத்தத்திற்கும் அதாவது வாயுக்களின் பகுதி அழுத்தத்திற்கும் உள்ள தொடர்பினைக் கண்டார். டால்டன் விதியின்படி 'வாயுக்களின் கலவையில் ஏற்படும் மொத்த அழுத்தம் அக்கலவையில் வேதியியல் மாற்றம் நடைபெறுதிருக்கும் போது ஒவ்வொரு வாயுவிலும் ஏற்படும் பகுதி அழுத்தங்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமமாகும்.' எனவே, வெவ்வேறு வாயுக்கள் ஒரு கொள்கலத்திலிருக்கும்பொழுது அவற்றினலேற்படும் மொத்த அழுத்தமானது ஒவ்வொரு வாயுவும் தனித்து அந்தக் கொள்கலத்தில் இருக்கும்போது என்ன அழுத்தங்கள் ஏற்படுமோ அந்த அழுத்தங்களின் கூட்டுத் தொகையாகும்.

ஒரு கொள்கலத்தில் 'n' எண்ணிக்கை கொண்ட வாயுக்கள் இருப்பதாகக் கொண்டால், அக் கலவையினல் உண்டாகும் மொத்த அழுத்தம் 'P' என்றும், வாயுக்களில் தனித்து ஏற்படும் பகுதி அழுத்தங்கள் P_1, P_2, P_3.........P_n என்றுமிருந்தால் டால்டனின் விதியின்படி

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots\cdots + P_n.$$

அழுத்த வீழ்ச்சி நோயும், அமுக்கமிக்க காற்றூடாக வரும் நோயும் (Mountain Sickness and Caissen Disease)

இரத்த வோட்டத்தின் மூலமாக உடலின் வெவ்வேறு திசுக்களை அடையும் ஆக்ஸிஜன் காற்று மண்டலத்தின் ஆக்ஸிஜனின் பகுதி அழுத்தத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது. உயரமான பகுதிகளிலும், கடல்மட்டப் பகுதியிலும் ஆக்ஸிஜனின் சதவிகிதம் ஒன்ருக இருப்பினும், ஆக்ஸிஜனின் பகுதி அழுத்தம் உயரமான பகுதிகளில் உயரத்திற்கு தகுந்தாற்போல் குறைவாயுள்ளது. இரத்த வோட்டத்தின் மூலமாக ஆக்ஸிஜன் ஈர்க்கப்படுவது அதன் பகுதி அழுத்தத்தைப் பொறுத்தே அமைகிறது. கடல் மட்டத்தைவிட 10,000 அடிகள் உயரமான பகுதிகளில் ஆக்ஸிஜனின் பகுதி அழுத்தம் குறைவாக இருக்கின்ற காரணத்தால் இரத்த வோட்டத்தின் மூலமாக உட்கிரகிக்கப்படும் ஆக்ஸிஜன் உடல் மூலப்பொருள்களுக்குப் போதுமான அளவிலில்லை. எனவே, இக் குறைவினல் 'மலைநோய்' ஏற்படுகின்றது. போதுமான அளவு ஆக்ஸிஜனைப் பெற இரத்தத்தில் குறிப்பிட்ட அளவு இரத்தச் சிவப்பணுக்களின் (Red corpuscles) எண்ணிக்கையை அதிகரிக்க வேண்டும். எனவே, அதன் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து ஆக்ஸிஜனை எடுத்துச் செல்லும் ஹிமோகுளோபினின் சிவப்பணு எண்ணிக்கை அதிகரிக்கும். ஹிமோகுளோபின் அதிகரிக்கும் அளவைப் பொறுத்து இரத்தம்

ஆக்ஸிஜனை ஈர்க்கும் செய்நிலை அதிகரிக்கும். ஆகவே, உடலின் திசுக்களை வந்தடையும் ஆக்ஸிஜனின் அளவு அதிகரிக்கும்.

அதிக ஆழத்தில் கடலுக்குள் மூழ்குபவரும், நீர்மூழ்குகூடு (Caisson) அணிந்து நீரில் மூழ்கி வேலை செய்பவரும் அதிக அழுத்தத்திற்கு ஆளாகிறார்கள். அதிக ஆழத்திலிருந்து அவர்கள் நீரின் மேற்பரப்பிற்கு வரும்போது அவர்களைச் சூழ்ந்துள்ள அதிகமான அழுத்தம் திடீரென வெளி வளியமுத்தத்திற்குக் குறைகின்றது. இவ்வாறான விரைவான அழுத்தமாற்றம் இருதயம், நுரையீரல் போன்ற உடலுறுப்புகளில் வாயுக்குமிழிகளை ஏற்படுத்தும். இதனையே அழுத்த வீழ்ச்சி நோய் என்று சொல்கிறோம். இதன் காரணமாகக் குருதிக் குழாய்களிலிருந்து இரத்தம் வெளிப்படும்.

விரவல் பற்றிய கிரஹாம் விதி (Graham's Law of Diffusion)

ஒரு ஜாடியில் ஹைட்ரஜன் போன்ற அடர்த்தி குறைந்த வாயுவையும் மற்றொரு ஜாடியில் அடர்த்தி அதிகமான கார்பன்டை ஆக்ஸைடு போன்ற வாயுவையும் எடுத்துக் கொண்டு, ஒரு ஜாடியை மற்றொரு ஜாடியின் மீது வைத்து அவைகளின் வாய்ப்பகுதியில் இணைப்பு ஏற்படுத்தப்பட்டால் இரண்டு வாயுக்களும் ஒன்றோடொன்று கலந்து இரண்டு ஜாடிகளிலும் சீரான ஒரு கலவையாக இருக்கும். இவ்வாறான கலவை கீழே இருக்கக்கூடிய அல்லது மேலேயிருக்கக்கூடிய ஜாடியில் ஹைட்ரஜன் இருந்தாலும் கிடைக்கும். இந்தக் கொள்கையே விரவல் அல்லது விரவிப் பரவுதல் என்று அழைக்கப்படுகிறது. விரவல் என்பது எந்த ஒரு வாயுவும் கிடைக்கக்கூடிய இடத்தைச் சீரான முறையில் நிரப்புவதாகும். மூலக்கூறுகளின் இயக்கமே விரவலுக்குக் காரணமாகும்.

விரவல் திட, திரவப் பொருள்களிலும் நடைபெறும். ஆனால், திடப்பொருள்களில் விரவல் மிகவும் மெதுவாக நடைபெறும். திடப்பொருள்களில் மூலக்கூறுகள் நெருக்கம் திரவப் பொருள்களின் மூலக்கூறுகளின் நெருக்கத்தைவிட அதிகமாயிருக்கும். இதன் காரணமாக அவைகள் ஒன்றோடொன்று அதிகமாக மோதிக்கொள்கின்றன. இதனால் மூலக்கூறுகளின் சீரான இயக்கம் தாமதமாக நடைபெறுகிறது.

1833-ல் தாமஸ் கிரஹாம் எனும் விஞ்ஞானி விரவல் பற்றிய விதியைக் கூறினார். 'ஒரு வாயுவின் விரவல் வீதமானது அவ் வாயுவின் அடர்த்தியின் வர்க்கமூலத்திற்கு எதிர்விகிதத்தி

லிருக்கும்.' ஒரு வாயுவின் 'd' என்பது விரவல் வீதத்தையும், l என்பது அடர்த்தியையும் குறிக்குமானல்

$$d = \frac{1}{\sqrt{l}} \tag{13}$$

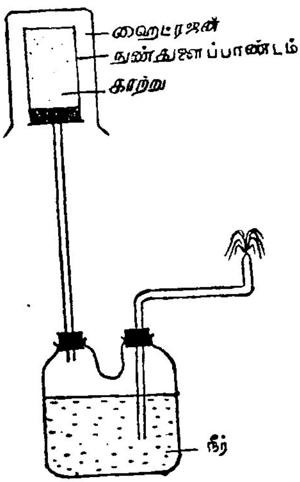
இரண்டு வாயுக்களின் விரவல் வீதம் முறையே d_1, d_2 என்றும் அடர்த்திகள் l_1, l_2 என்றுமிருந்தால்

$$\frac{d_1}{d_2} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} \tag{14}$$

அடர்த்தி மூலக்கூறு எடைக்கு நேர்விகிதத்திலிருப்பதால் M_1, M_2 என்பவை மூலக்கூறு எடையைக் குறிக்குமானல்

$$\frac{d_1}{d_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \tag{15}$$

ஒரு வாயுவின் அடர்த்தியை அறிந்துகொண்டு அதன் விரவல் வீதத்தை மற்றொரு வாயுவுடன் ஒப்பிட்டால் சமன்பாடுகள் 14, 15-யைப் பயன்படுத்தி அவ் வாயுவின் அடர்த்தி மூலக்கூறு எடையைக் கணக்கிடலாம்.



படம் 6

அடர் மிகுந்த வாயுவைவிட அடர்குறைந்த வாயுவில் விரவல் வேகமாக நடைபெறும் என்பதைக் கீழ்க்கண்ட சோதனை மூலம் அறியலாம்.

நுண் துளைகளையுடைய காற்று நிரப்பப்பட்ட உருளை, இரு துளைகள் கொண்ட குடுவையின் (Woulf's Bottle) ஒரு துளையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. குடுவையில் நீர் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. குடுவையின் மற்றொரு துளையுடன் கூர்மையான முனையுடைய ஒருபோக்குக் குழாய் படத்தில் காட்டியது போல் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஹைட்ரஜன் நிரப்பப்பட்ட முகவையை உருளையின்மேல் தலைகீழாகக் கொண்டு சென்றுல் கூர்மையான முனை வழியாக நீர் வேகமாக வெளிவரும். அடர்வு குறைந்த ஹைட்ரஜன் உருளைக்குள்

அதிகமாக விரவல் நடைபெறுகின்ற காரணத்தால் உருளைக்குள் ஒரு தாற்காலிக அழுத்த உயர்வு ஏற்படுகின்றது. இதன் காரணமாக நீர் வெளியேறுகிறது.

கிரஹாம் விரவல் விதியைப் பயன்படுத்தி வாயுக்களின் அடர்த்தி எண், மூலக்கூறு எடையைக் கணக்கிட முடியும். சோரெட் (Soret), ஓசோனின் (Ozone) விரவலைக் குளோரினின் விரவலுடனும் கார்பன்டை ஆக்ஸைடு விரவலுடனும் ஒப்பிட்டு ஓசோனின் அடர்த்தி எண்ணைக் கணக்கிட்டார்.

ஐசோடோப்களைப் பிரிக்கப் பயன்படுத்தப்பட்ட முறைகளில் கிரஹாம் விரவல் விதியை அடிப்படையாகக் கொண்ட முறையும் ஒன்றாகும். விரவல் வீதமானது மூலக்கூறுகளின் எடையின் வர்க்கமூலத்திற்கு எதிர்விகிதத்திலிருப்பதால் ஒரு பொருளின் இலேசான ஐசோடோப்கள், கனமான ஐசோடோப்களைவிட விரைவாக விரவிப் பரவும். 1913ஆம் ஆண்டு ஆஸ்டன் என்பவர் நியானின் ஐசோடோப்களைப் பிரித்தார். இதன் அடிப்படையிலே ஹைட்ரஜன், குளோரின், யுரேனியம் 235 முதலியவற்றின் ஐசோடோப்கள் பிரிக்கப்பட்டன.

வாயுக்களின் இயக்கக் கொள்கை (Kinetic Theory of Gases)

வாயுக்களின் பண்பிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள வாயுவின் பருமன் அதன் அழுத்தத்திற்கு எதிர்விகிதத்திலும் (பாயில் விதி), தனி வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திலும் இருக்கும் என்று விளங்கியது. மேலும், வாயுக்கள் விரவிப்பரவும் தன்மையும் கொண்டிருக்கும் என்பது தெரிந்தது. வாயுக்களின் பண்பை இயக்கவியல் கொள்கையின் அடிக்கோள்களைக் கொண்டு விளக்கலாம். இக் கொள்கையின் இன்றியமையாக் கற்பிதங்கள் பின்வருமாறு தரப்பட்டுள்ளன:

(i) பருப் பொருள்கள் வாயுநிலையில் எண்ணற்ற தனியான நுண்துகளாகிய மூலக்கூறுகளைக் கொண்டிருக்கும்.

(ii) ஒரு குறிப்பிட்ட வாயுவின் மூலக்கூறுகள் வடிவம், நிறை ஆகிய தன்மைகளில் அவ் வாயுவின் மற்ற மூலக்கூறுகளை ஒத்திருக்கும். ஆனால், மற்ற வாயுக்களின் மூலக்கூறுகளிலிருந்து வேறுபட்டிருக்கும். ஓர் ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறு மற்றோர் ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறை எல்லாவற்றிலும் ஒத்திருக்கும். ஆனால், ஓர் ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறு ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறைப்போல் பதினாறு மடங்கு கனமாகயிருக்கும்.

(iii) மூலக்கூறுகள் பல்வேறு திசைகளில் வெவ்வேறு வேகங்களுடன் ஓயாது இயங்கி ஒன்றோடொன்றும் கொள்

கலத்தின் சுவர்களுடனும் மோதிக் கொள்கின்றன. ஒன்றோடொன்று மோதிக் கொள்வதற்கு முன்பு அவைகள் நேர்பாதையில் செல்கின்றன. உதாரணமாக $0^{\circ}C$-ல் ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறின் சராசரித் திசைவேகம் $1 \cdot 84 \times 10^{5}$ செ.மீ/வினாடி.

(iv) கொள்கலத்தின் சுவர்களில் மூலக்கூறுகள் ஓயாது மோதுகின்ற காரணத்தால் கொள்கலத்தினுள் எடுத்துக் கொண்ட வாயுவிற்கு அழுத்தம் ஏற்படுகின்றது.

(v) காலத்தைப் பொறுத்து மூலக்கூறுகளின் பண்பு மாறாதிருக்கும் வரையிலும், மூலக்கூறுகள் மீட்சித்திறன் கொண்டிருப்பதாலும் மோதுகின்ற காரணத்தால் மூலக்கூறுகள் ஆற்றலை இழப்பதில்லை. ஆனால், அவை மாறாத சராசரித் திசைவேகத்தைக் கொண்டிருக்கும்.

(vi) மூலக்கூறுகள் மிகச் சிறிய உருவ அளவைக் கொண்டுள்ளதால், அவைகளின் உண்மையான பருமன் வாயுவைக் கொண்டிருக்கும் கொள்கலத்தின் பருமனைக் காணும்போது புறக்கணிக்கத்தக்கதாகவுள்ளது.

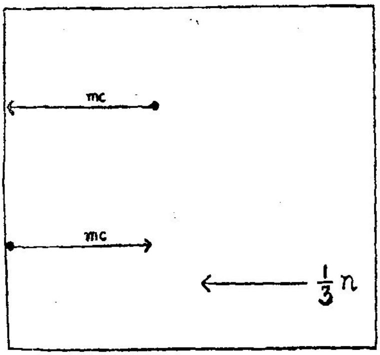
(vii) சாதாரண நிலையில் மூலக்கூறுக்கிடையே உள்ள இடைவெளி அதிகமாகவுள்ளதால், மூலக்கூறுகளுக்கிடையே கணிசமான ஈர்ப்பு விசையோ, விலக்கு விசையோ இல்லை.

(viii) சம வெப்பநிலையில் ஒரு மூலக்கூறில் இருக்கக்கூடிய சராசரி இயக்க ஆற்றல் மாறுவதில்லை. வெப்ப நிலை உயர்ந்தால் மூலக்கூறின் இயக்க ஆற்றலும் உயரும். மூலக்கூறின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் தனி வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

வாயுக்களின் இயக்கக் கொள்கையின்படி அழுத்தத்திற்கான சமன்பாடு

வாயுக்களின் இயக்கக் கொள்கைக்கான சமன்பாட்டை இயக்கக் கொள்கையின் எடுகோள்களைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம். எடுத்துக்கொண்ட கொள்கலத்தின் நீளம், அகலம், உயரம் 'l' செ.மீ. என்றிருக்கட்டும். கொள்கலத்திலிருக்கும் மூலக்கூறுகள் 'n' என்றும் ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் நிறை 'm' என்றுமிருக்கட்டும். மூலக்கூறுகள் வெவ்வேறு திசை வேகங்களுடன் வெவ்வேறு திசைகளில் இயங்குகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் மூலக்கூறுகளின் திசைவேகத்தை C செ.மீ/வினாடி என்று எடுத்துக்கொள்வோம்.

மொத்த மூலக்கூறுகளை மூன்று பாகங்களாகப் பிரித்து, ஒவ்வொரு பாகத்திலும் உள்ள $\frac{1}{3}n$ மூலக்கூறுகள் எடுத்துக்கொண்ட கொள்கலத்தின் மூன்று அச்சுகளுக்கு (x அச்சு, y அச்சு, z அச்சு) செல்கின்றன என்று கொள்வோம். எனவே, எடுத்துக்கொண்ட மூலக்கூறுகளின் முதல் பகுதியான மூலக்கூறுகள் மேலும் கீழும், இரண்டாம் பகுதி இடது வலது பக்கமாகவும், மூன்றும் பகுதி முன்னும் பின்னுமாகக் கொள்கலத்தினுள் இயக்கத்திலிருக்கும். ஏதேனும் ஒரு மூலக்கூறு வலது இடது பக்கமாக இயக்கத்திலிருப்பதாகக் கொள்வோம். இந்த மூலக்கூறு கொள்கலத்தின் வலது, இடது சுவர்களுக்குச்செங்குத்தாக நகரும். மேலும் இந்த மூலக்கூறு 'c' என்ற திசை வேகத்துடன் இயக்கமடைவதால், அது கொள்கலத்தின் சுவரில் mc என்ற உந்தத்துடன் மோதும். மூலக்கூறுகள் மீட்சித்திறன் பெற்றிருப்பதால், இவ்வாறு மோதுகின்ற மூலக்கூறுகள் அதே திசைவேகத்துடன் சுவரிலிருந்து எதிர்த்திசைக்குச் செல்லும். எனவே, மோதலுக்குப்பின் உள்ள உந்தம் $-mc$ ஆகும். எனவே, ஒவ்வொரு மோதலிலும் ஏற்படும் உந்தமாற்றம் $= mc - (-mc) = 2\,mc$.



படம் 7.

ஒரு சுவரில் மோதிய மூலக்கூறு மீண்டும் அதே சுவரில் மோதுவதற்குக் கடக்க வேண்டிய தொலைவு $2\,l$ செ.மீ. எனவே, ஒரு விநாடியில் குறிப்பிட்ட சுவரில் ஏற்படும் மோதல்கள் $\frac{c}{2l}$ ஆகும்.

எனவே, ஒரு மூலக்கூறு குறிப்பிட்ட சுவரில் ஒரு விநாடியில் $\frac{c}{2}$ தடவைகள் மோதுகின்றதால் ஏற்படுகின்ற மொத்த உந்த மாற்றம் $= 2\,mc \times \frac{c}{2l} = \frac{mc^2}{l}$

அதாவது $\frac{mc^2}{l}$ என்பது ஒரு மூலக்கூறினால் ஏற்பட்ட உந்த மாற்ற வீதமாகும். நியூட்டனின் இரண்டாவது இயக்க விதி

யின்படி, உந்தமாற்ற விதம் விசைக்குச் சமம். ஆகையால்,
ஒரு மூலக்கூறு மோதலினால் ஏற்படுத்திய விசை $= \frac{mc^2}{l}$

இடது வலது பக்கமாக இயக்கத்திலிருக்கும் $\frac{1}{3}n$ மூலக்கூறுகளால் மோதலினால் ஏற்பட்ட விசை $= \frac{mc^2}{l} \times \frac{n}{c} = \frac{nmc^2}{3l}$

அழுத்தம் என்பது ஓரலகு பரப்பில் ஏற்படுகின்ற விசை

கொள்கலத்தின் சுவரின் பரப்பு $= l^2$

எனவே சுவரில் ஏற்படுத்தப்பட்ட

அழுத்தம், $= \frac{nmc^2}{3l} \times \frac{1}{l^2}$

$$P = \frac{nmc^2}{3l^3}$$

கொள்கலத்தின் பருமன் $v = l^3$

எனவே $P = \frac{nmc^2}{3v}$

மேற்கூறிய சமன்பாட்டைப்போல் மற்றச் சுவர்களில் ஏற்படுத்தப்பட்ட அழுத்தத்திற்கும் பெறலாம்.

c என்று எடுத்துக்கொண்ட திசைவேகம் எல்லா மூலக்கூறுகளுக்கும் சமமாகவிருக்காது. ஆகவே, சராசரி இருமடித் திசைவேகமான $\overline{c^2}$யை எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். $\overline{c^2}$ என்பது எல்லா மூலக்கூறின் திசைவேகத்தின் இருமடிகளின் சராசரியாகும்.

$$P = \frac{nm\overline{c^2}}{3v}$$

மெய்யான வாயுக்கள்

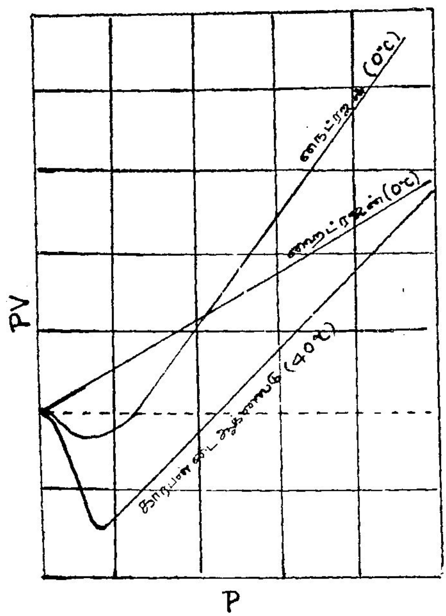
இலட்சிய வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து விலகுதல்

வாயு விதிகளுக்குட்படும் வாயுவே இலட்சியவாயு என்று வரையறுக்கப்படும். எனவே, இலட்சிய வாயுவின் கிராம் மூலக்கூறு எடைக்கான சமன்பாடு $PV = RT$ ஆகும். வழக்கமாகப் பெறக்கூடிய வாயுக்கள் மெய்யான வாயுக்களாகும்.

இவை குறைந்த அழுத்தத்திலும், சாதாரணமாக நிலவும் வெப்பநிலைகளில் மட்டுமே வாயு விதிகளுக்குட்படுகின்றன. அழுத்தம் அதிகரிக்கப்பட்டாலோ வெப்பநிலை குறைக்கப் பட்டாலோ, மெய்யான வாயுக்கள் இலட்சியவாயு சமன்பாட்டி லிருந்து விலகிச் செல்லுகின்றது.

பாயில் விதியிலிருந்து முரண்பாடு (Deviation from Boyle's law)

மெய்யான வாயுக்கள் பாயிலின் விதியிலிருந்து விலகுவதை வெப்பநிலை மாருதலை *PV*க்கு வரையப்படும் வரைபடம் மூலம் நன்கு அறியமுடியும். பாயிலின் விதிப்படி வெப்பநிலை மாரு திருக்கும்போது *PV* என்பது ஒரு மாறிலியாகும். எனவே

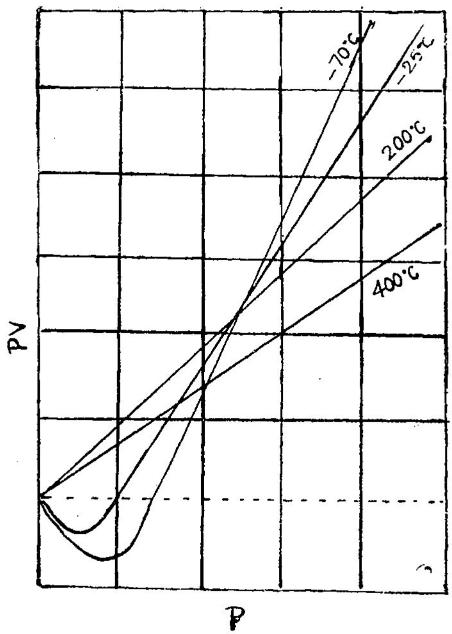


படம் 8

பாயிலின் விதிக்குட்படும் வாயுவிற்கு வரையப்பட்ட படத்தில் *P* அச்சுக்கு இணையாக ஒரு கோடிருக்க வேண்டும். அதாவது *PV* ஒரு மாறிலியாகும். மெய்யான வாயுகள் அதிக அழுத்த நிலையில் பாயிலின் விதியிலிருந்து விலகுகின்றன என்பது படத்தின்மூலம் தெரிகிறது.

வான்டெர் வால்ஸ் சமன்பாடு (Vander Waals Equation)

எல்லா வாயுக்களுமே இலட்சிய வாயுச் சமன்பாட்டிலிருந்து முரண்படுகின்றன என்று தெரிகிறது. எனவே, இந்த குறை பாட்டை நீக்கி ஒரு சமன்பாட்டை ஏற்படுத்த பல விஞ்ஞானிகள்



படம் 9

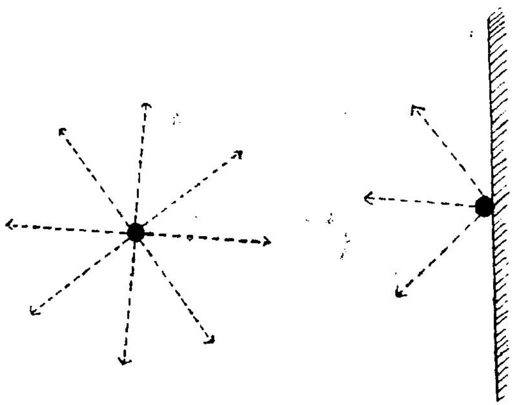
தனித்தனியே முயன்றனர். இதன் பயனாகப் பலச் சமன் பாடுகள் கருதப்பட்டன. இவற்றில் மிகவும் எளியதானதும் பயன்படுவதுமான சமன்பாடு வான்டெர் வால்ஸ் என்பவரால் உருவாக்கப்பட்டது.

இலட்சிய நிலையில் மூலக்கூறுகள் புள்ளிகளாகக் கருதப் பட்டன. ஆனால், இயற்கையில் வழங்கும் வாயுக்களில் மூலக் கூறுகள் அவ்விதம் இருப்பதில்லை. அவைகள் குறிப்பிட்ட ஆரம் கொண்ட கோளங்களாக இருக்கின்றன. ஒரு கொள் கலத்தில் வாயு இருக்கும்போது மூலக்கூறுகள் அங்கும் இங்கும் அலையும் நிலையில் அவைகளுக்குக் கிடைக்கும் பயனுறு பருமை இடம் கொள்கலத்தின் பருமனை விடக் குறைந்ததாகும். எனவே, கொள்கலத்தில் பருமன் V என்றால் மூலக்கூறுகளின் இயக்கத்

திற்குக் கிடைக்கும் பருமன் $(V\text{-}b)$ என்று வான்டெர் வால்ஸ் கூறினார். இங்கு b என்பது ஒரு மாறிலியாகும். இதன் மதிப்பு மூலக்கூறுகள் எல்லாவற்றின் மொத்த பருமனைப்போல் நான்கு மடங்காகும் என்று வான்டெர் வால்ஸ், ஜீன்ஸ் ஆகியோர்கள் காட்டியுள்ளனர்.

இலட்சிய நிலையில் மூலக்கூறுகளுக்கிடையே ஈர்ப்பு விசை யில்லை என்று கருதப்பட்டது. ஆனால், இயற்கையில் உள்ள வாயு மூலக்கூறுகளினிடையே ஈர்ப்பு விசையுள்ளது. இதற் கான திருத்தத்தை வான்டெர் வால்ஸ் என்பவர் வாயுச் சமன் பாட்டில் சேர்த்தார்.

ஒவ்வொரு வாயு மூலக்கூறும் அதைச் சுற்றி ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவுக்குள் இருக்கும் மற்ற மூலக்கூறுகளால் ஈர்க்கப்படும். எனவே, கொள்கலத்தின் உட்பாகத்திலுள்ள வாயு மூலக்கூறு



படம் 10

அதைச் சுற்றியுள்ள மற்ற வாயு மூலக்கூறுகளால் எல்லாத் திசைகளிலும் சமமாக ஈர்க்கப்படும் எனக் கொள்ளலாம். ஆகையால் அதன் இயக்கம் ஈர்ப்பு விசைகளால் பாதிக்கப்படுவ தில்லை. ஆனால், கொள்கலத்தின் சுவற்றிற்கருகிலுள்ள வாயு மூலக்கூறு உட்பாகத்திலுள்ள மற்ற வாயு மூலக்கூறுகளால் ஈர்க்கப்படுகிறது. இதனால் சுவற்றில் மோதுவதற்குள் அதன் திசை வேகத்தின் மதிப்பு சற்று குறைகிறது. எனவே, அவற்றிற்குக் கிடைக்கக்கூடிய உந்தமாறும் வீதம் குறைகிறது. இதன் காரணமாக இயற்கையில் உள்ள வாயு மூலக்கூறுகள் சுவரின் மேல் விளைவிக்கும் அழுத்தமானது அதே நிலையிலுள்ள

இலட்சிய வாயு மூலக்கூறுகள் விளைவிக்கும் அழுத்தத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கிறது. இயற்கையிலுள்ள வாயுமூலக்கூறுகள் விளைவிக்கும் அழுத்தத்தை p எனவும், அதே நிலையிலுள்ள (ஈர்ப்பு விசையற்ற) இலட்சிய வாயு மூலக்கூறுகள் விளைவிக்கும் அழுத்தத்தை p_i எனவும் குறிப்பிடுவோமாயின் இவ்விரண்டிற்கு மிடையேயுள்ள வேறுபாடு $(p_i - p)$, சுவருக்கு அருகில் ஈர்க்கப் படும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்விகிதத்திலும், அவற்றை ஈர்க்கும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கைக்கு நேர் விகிதத்திலும் இருக்கும். இந்த இரு எண்ணிக்கைகளுமே அடர்த்திக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளன. எனவே l என்பது அடர்த்தியானல்

$$(p_i - p) \propto l^2$$

ஆனல் அடர்த்தியானது பருமனுக்கு எதிர் விகிதத்திலுள்ளது.

ஆகவே $(p_i - p) \propto \frac{1}{v^2}$.

$$= \frac{a}{v^2} \text{ (இங்கு } a \text{ என்பது மாறிலி)}$$

$$\therefore \quad p_i = p + \frac{a}{v^2}$$

எனவே இலட்சிய வாயுச் சமன்பாட்டிலுள்ள அழுத்தத்திற்கு $\left(p + \frac{a}{v^2}\right)$ என்பதையும், பருமனுக்கு $(v-b)$ என்பதையும் பதிலீடு செய்வோமாயின் இயற்கையிலுள்ள (மெய்யான) வாயுவிற்கான சமன்பாடு நமக்குக் கிடைக்கும்.

$$\therefore \quad \left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$$

இதுவே வான்டெர்வால்ஸ் உருவாக்கிய வாயுச் சமன்பாடாகும்.

2. திரவங்களின் இயல்புகள்

பொருள்களின் திரவ நிலை என்பது திட, வாயு நிலைகளுக்கு இடைப்பட்டது. ஒரு திரவம் குறிப்பிட்ட பருமன் உள்ளது. ஆனால் அதற்கு விறைப்பு இல்லாததால் அது குறிப்பிட்ட உருவமுள்ளதாக இருக்கமுடியாது. திரவம் எந்தப் பாத்திரத்தில் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறதோ அந்தப் பாத்திரத்தின் உருவத்தையே பெறுகின்றது. மூடப்பட்ட பாத்திரத்தில், முழுவதுப் நிரப்பப்பட்டாலன்றி, அதனுடைய மேல்பரப்பு சமதளமாக இருக்கும். வாயுக்களில் இருப்பதைவிட திரவங்களில் மூலக்கூறுகளுக்கிடையிலுள்ள தூரம் குறைவு. எடுத்துக்காட்டாக 100°C வெப்பநிலையில் திரவமாயுள்ள ஒரு கிராம் மூலக்கூறு நீரின் பருமன் 18·8 மில்லி லிட்டர். ஆனால் அதே அளவு நீர் வாயு நிலையில், வளி அழுத்தத்தில் சுமார் 30,200 மில்லி லிட்டர் பருமனுள்ளதாயிருக்கிறது. எனவே திரவ மூலக்கூறுகள் மிகவும் நெருக்கமாக அமைந்துள்ளன என்பது வெளிப்படை. இவ்வாறு அவை நெருங்கி அமைந்துள்ளதால், அழுத்தமும் வெப்பநிலையும் சற்று மாறினால் கூட, திரவத்தின் பருமன் மாறுவதில்லை. மூலக்கூறுகளின் நெருக்கத்தால் அதிகரித்துத் தோன்றும் கவர்ச்சி விசை மூலக்கூறுகள் தடங்கலின்றி இயங்குவதைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. ஆனால் ப்ரௌனின் இயக்கம் மெய்ப்பித்துக் காட்டுவதிலிருந்து, திரவங்களிலும் மூலக்கூறு இயக்கம் நிகழ்கிறது என்பதற்கு நேரடியான சோதனை மூலமான நிருபணம் கிடைத்துள்ளது. ஆனாலும் திரவங்களிலுள்ள மூலக்கூறு இயக்கம், வாயுகளிலிருப்பதைவிட மிகக் குறைந்த அளவிலேயே ஏற்படுகிறது.

மாறுதான நிலை (Critical State)

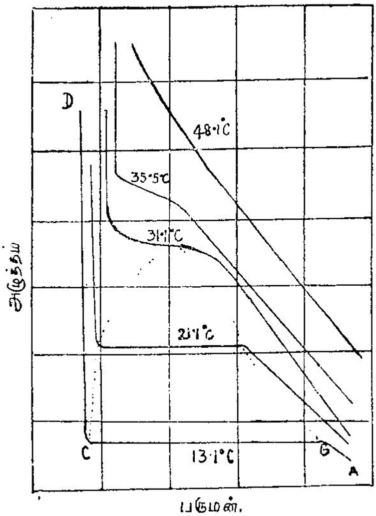
பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் துவக்கத்திலிருந்தே வாயுக்களை திரவமாக்கும் முயற்சிகள் செய்யப்பட்டுவந்தன. அம்மோனியா, குளோரின் போன்ற வாயுக்களை, உயர்ந்த

அழுத்தங்களுக்கு உட்படுத்தியே திரவமாக்க முடிந்தது. கரிய மிலவாயு, ஸல்பர்-டை ஆக்ஸைடு, ஹைட்ரஜன் சல்பைடு போன்ற பல வாயுக்களை உயர்ந்த அழுத்தங்களுக்கு உட்படுவதோடு, போதுமான அளவு குளிரவும் செய்ய வேண்டியிருந்தது. ஆனால் நைட்ரஜன், ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன் போன்ற வாயுக்களை, சுமார் 3,000 வளி அழுத்தங்களுக்கு உட்படுத்தியும் அக்காலத்தில் செய்யக் கூடிய அளவிற்கு குளிரச் செய்தும் கூட திரவமாக்க முடியவில்லை. எனவே இத்தகைய வாயுக்களை என்ன செய்தாலும் திரவமாக்க முடியாது என நம்பப்பட்டது. எனவே அவற்றை நிரந்தர வாயுக்கள் (Permanent gases) என அழைத்தார்கள். ஆனால் தற்போது தக்கபடி முயன்றால் எல்லா வாயுக்களையும் திரவமாக்க முடியுமென்பது தெரிந்துவிட்டது.

வாயுக்களை திரவமாக்கும் முயற்சிகளின் வெற்றிக்கு வித்திட்டவர் T. ஆண்ட்ரூஸ் ஆவார். 1869-ம் ஆண்டு அவர் கரியமில வாயுவைப் பல்வேறு அழுத்தங்களுக்கும், வெப்பநிலைகளுக்கும் உட்படுத்தி அதன் பருமனில் ஏற்படும் மாற்றங்களை ஆராய்ந்தார். ஒரு கண்ணாடிக் குழாயினுள் குறிப்பிட்ட அளவுள்ள கரியமில வாயுவை அடைத்து, மாறா வெப்பநிலையில் பல்வேறு அழுத்தங்களைச் செலுத்தி அதன் பருமன்களைக் கண்டுபிடித்தார். வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் இச்சோதனையைத் திருப்பிச் செய்து பெற்ற அளவீடுகளை ஒரு வரைபடத்தாளில் மாறா வெப்பநிலைக் கோடுகளாக (Isothermal) வரைந்தால் அடியில் காணும் படம் கிடைக்கிறது.

A B C D என்னும் கோடு 13·1°C யில் அழுத்தமும், பருமனும் மாறுவதைக் காட்டுகிறது. அக்கோட்டிலிருந்து அழுத்தம் உயர உயர வாயுவின் பருமன் படிப்படியாகக் குறைந்து 'B, குறிப்பிடுகின்ற அழுத்தத்தில் வாயு, திரவமாக உறையத் துவங்குகிறது என்பதைக் காணலாம். அதன்பிறது உயர் அடர்த்தியுள்ள திரவமாக மாறுகையில் பொருளின் விரைவாகக் குறைகிறது. BC எனும் பகுதியில் கோடு கிட்டத்தட்ட கிடையாக உள்ளது. 'C'-யில் வாயு முழுவதும் திரவமாகி விட்டது. கிட்டத்தட்ட செங்குத்தாக உள்ள CD எனும் பகுதி, மிகப்பெரிய அழுத்தங்கள்கூட மிகச்சிறிய அளவே திரவத்தைச் சுருக்குகின்றன என்பதைக் காட்டுகிறது. கோட்டில் AB பகுதி, பொருள் வாயு நிலையிலிருப்பதையும், CD பகுதி, பொருள் திரவ நிலையிலிருப்பதையும் குறிப்பிடுகிறது. BC பகுதி, திரவமும் வாயுவும் சமநிலையிலிருக்கும் நிலையைக் காட்டுகிறது. அது ஏறத்தாழ கிடையாக பரும அச்சிற்கிணையாக இருப்பதால், திரவமும் வாயு

வும் சேர்ந்து இருக்கையில் அவற்றின் விழுக்காடு விகிதம் எப்படி யிருந்தாலும், அதன் அழுத்தம் மாறிலியாக இருக்கிறது என்பது வெளிப்படை. இந்த அழுத்தத்தின் மாறிலி மதிப்பு அக்கோட்டின் வெப்பநிலையில் திரவத்தின் ஆவியழுத்தம் எனப்படும். வெப்ப நிலையை உயர்த்திக் கொண்டே போகும்போது BC பகுதியின் நீளம் குழைந்து கொண்டே போகிறது. 31·1°C வெப்ப நிலையில் அது ஒரு புள்ளி அளவிற்குக் குறைந்து விடுகிறது. 31·1°C-க்கு மேற்பட்ட வெப்பநிலைகளில் கிடைப்பகுதியே தென்படவில்லை. ஆகவே 31·1°C வெப்ப நிலையில் கிடைப்பகுதி காணப்படாததால் எவ்வளவு உயர்ந்த அழுத்தத்தைச் செலுத்தினும் கரியமிலவாயுவைத் திரவமாக்க முடியாது என விளங்கும். இந்த வரம்பிற்கான வெப்பநிலை வாயுவின் மாறுதான வெப்பநிலை எனப்படும்.



படம் 11

எந்த வெப்ப நிலைக்குமேல், எவ்வளவு அழுத்தத்தைச் செலுத்தினும் ஒரு வாயுவைத் திரவமாக்க முடியாதோ, அந்த வெப்பநிலை வாயுவின் மாறுதான வெப்பநிலை எனப்படும்.

மாறுதான வெப்பநிலையில் வாயுவைத் திரவமாக்குவதற்குச் செலுத்தப்பட வேண்டிய சிறும அழுத்தம், வாயுவின் மாறுதான அழுத்தம் எனப்படும்.

மாறுதான வெப்பநிலையிலும், மாறுதான அழுத்தத்திலும் உள்ளபோது ஒரு கிராம் மூலக்கூறு வாயுவின் பருமன், அதன் மாறுதானப் பருமன் எனப்படும். இம்மூன்றும் வாயுவின் மாறுதான மாறிலிகள் எனப்படும்.

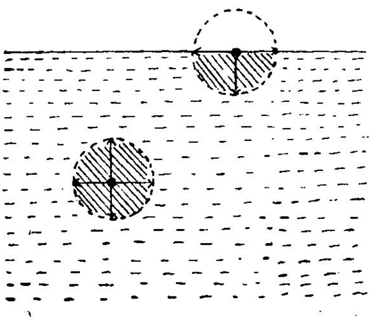
படத்தில் 'P' எனும் புள்ளி, வாயு, அதன் மாறுதான நிலையில் இருப்பதைக் குறிப்பிடுகிறது. 'P' குறிப்பிடுகின்ற அழுத்த

மும், பருமனும் 'P' உள்ள மாறு வெப்பநிலைக் கோட்டின் வெப்ப நிலையும், வாயுவின் மாறுதான மாறிலிகளாகும். வாயுநிலையிலுள்ள பொருளின் வெப்பநிலை, மாறுதான வெப்பநிலையைவிடக் குறைவாயிருக்கும் போது அது ஆவி என அழைக்கப்படும். எனவே ஒரு ஆவியை, வெறும் அழுத்தத்தைச் செலுத்தியே திரவமாக்கிவிடலாம்.

மாறுதான மாறிலிகள் வாயுவின் இயல்பைப் பொறுத்தவை. ஆண்ட்ரூவின் சோதனைகளிலிருந்து மாறுதான வெப்பநிலை என்பது வாயுநிலையின் கீழ்வரம்பு எனவும், திரவநிலையின் மேல் வரம்பு எனவும் தெரிகிறது. திரவநிலையிலிருந்து வாயு நிலைகளே அல்லது எதிர்த்திசையிலோ ஏற்படும் மாற்றங்கள் தொடர்ச்சியாக நிகழ்கின்றன. எனவே திரவ, வாயுநிலைகள் ஒரு தொடர் நிகழ்ச்சியின் கட்டங்களாகும். அவை திடீரெனத் தோன்றுவதில்லை.

ஆவியாதல் (Evaporation)

ஒரு திரவத்தில் சில மூலக்கூறுகள் திரவத்திற்குள்ளேயும், சில அதன் மேற்பரப்பிலும் அமைந்திருக்கும். மூலக்கூறிடைக் கவர்ச்சி விசையினால், திரவத்திற்குள்ளிருக்கும் மூலக்கூறு, அதனைச் சுற்றியுள்ள மற்ற மூலக்கூறுகிகளினால் எல்லாத் திசைகளிலும் சமமான அளவிற்கு ஈர்க்கப்படும். ஆனால் திரவத்தின் மேற்பரப்பில் உள்ள ஒரு மூலக்கூறு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல எல்லாத் திசைகளிலும் மற்ற மூலக்கூறுகளினால் சூழப்பட்டிருப்பதில்லை. திரவத்திற்கு வெளியிலிருந்து அம் மூலக்கூறின்மேல் விசையேதும் செலுத்தப்படவில்லை. அந்த மூலக்கூறின்மேல், திரவத்திற்குள்ளேயுள்ள மூலக்கூறுகள் மட்டுமே கவர்ச்சி விசையைச் செலுத்துவதால், அவற்றினலேற்படும் தொகுபயன் விசை திரவத்தின் உட்பகுதியை நோக்கியிருக்கும்.



படம் 12

அதன் விளைவாக திரவத்தின் பரப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகள் திரவத்திற்குள் விழும். இம் மூலக்கூறுகள் ஓய்வின்றி இயங்கிக் கொண்டிருப்பதனாலும், அவற்றின் திசை வேகங்கள் வெவ்

வேருக இருப்பதாலும், சில மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றல், எல்லா மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்க ஆற்றலேயும்விட அதிக மாயிருக்கலாம். இத்தகைய மூலக்கூறுகள் திரவத்தின் மேற் பரப்பிற்கு வரலாம். அப்போது திரவத்தின் பிற பரப்பிலிருந்து தப்பி வெளியேறி ஆவியாக வெளிப்பகுதிக்குப் போவதற்குப் போதுமான ஆற்றல் அவற்றிற்கு இருக்கும். இத்தகைய நுகழ்ச்சி ஆவியாதல் எனப்படும்.

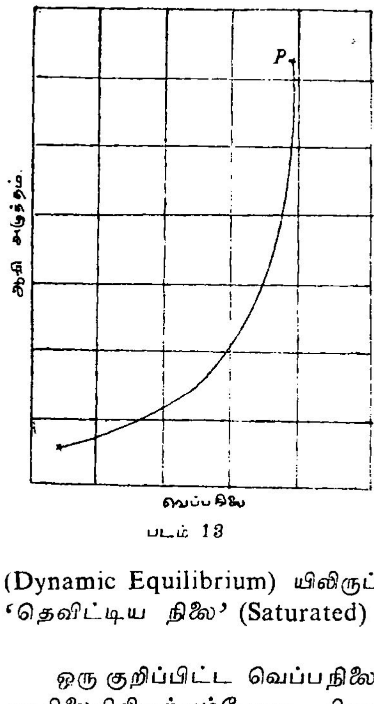
இவ்வாறு திரவத்திலிருந்து வெளியேறி அதன் பரப்பிற்கு மேலே பரவியிருக்கும் மூலக்கூறுகள் அத்திரவத்தின் ஆவியாக உருப்பெறுகின்றன. இவ்வாறு திரவத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து ஏராளமான மூலக்கூறுகள் ஆவியாகி வெளியேறும்போது, திரவத்திலுள்ள மற்ற மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் குறைகிறது. அதனுல் அவற்றின் இயக்கத் திசை வேகங்களும் குறைகின்றன. எனவே திரவத்தின் வெப்பநிலே குறையும். திரவம் சுற்றுச் சூழலிலிருந்து வெப்பத்தை உட்கவர்ந்து கொண்டு, தொடர்ந்து மூலக்கூறுகளே ஆவியாக இழந்து கொண்டிருக்கும். திரவம் முழுதும் ஆவியாகி மறையும் வரை இது நீடிக்கும். இவ்வாறு சுற்றுப்புறங்களிலிருந்து வெப்பத்தை உட்கவருவது குளிர்ச்சியைத் தோற்றுவிக்கிறது. அதனுல்தான் ஆவியாதலின்போது குளிர்ச்சி ஏற்படுகிறது. மிக விரைவாக ஆவியாகின்ற ஈதர், எதில் குளோரைடு போன்ற திரவங்களில் இக்குளிர்ச்சி பெருமளவில் ஏற்படுகிறது. இத்திரவங்கள் அறுவைச் சிகிச்சைகளில் உள்ளிட வலி மரப்புப் பொருள்களாகப் (Local Anaesthetic) பயன்படுவது தெரிந்ததே. வெப்பமான நாள்களில் வியர்வை ஆவியாகி உடலின் மேற்பரப்பு குளிர்ச்சி யடைவது இவ்விளேவிற்கு மற்ருெரு எடுத்துக் காட்டாகும்.

ஆவியழுத்தம் (Vapour Pressure)

ஆவி மூலக்கூறுகளும், மற்றெல்லா வாயு மூலக்கூறுகளேயும் போலவே நடந்து கொள்கின்றன. ஆவி மூலக்கூறுகளும் ஓய்வின்றி பெரும் திசைவேகத்துடன் இயங்கிக் கொண் டிருக்கும். எனவே சில ஆவி மூலக்கூறுகள் திரவப்பரப்பிற்கு அண்மையில் வந்து, பரப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகளினுல் கவர்ந் திழுக்கப்பட்டு மீண்டும் திரவத்திற்குள் சிக்கிக் கொண்டுவிடும்.

ஒரு வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கலத்திற்குள் போதுமான அளவு திரவத்தை வைத்து மூடிவிட்டால் திரவத்திற்கு மேலே அதன் மூலக்கூறுகள் ஆவிநிலேயில் பரவியிருக்கும். அவை ஒரு குறிப் பிட்ட அழுத்தத்தைச் செலுத்தும். திரவத்திற்கு மேலேயுள்ள

பகுதி, கலத்தினால் ஒரு வரம்பிற்குட்படுத்தப்பட்டு விடுவதால் சிறிது சிறிதாக அங்கு ஆவி மூலக்கூறுகள் சேர்ந்துவிடும். அவற்றில் சில திரவத்திற்குள் திரும்ப நுழைந்து கொள்ளும். ஆவியின் செறிவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க இவ்வாறு திரவத்திற்குள் திரும்பிப் போய்விடும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் அதிகரிக்கும். அதே சமயத்தில் திரவத்திலிருந்து மூலக்கூறுகள் வெளியேறும் வீதமும் குறையும். இறுதியில் ஒவ்வொரு வெப்ப நிலையிலும் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் திரவத்தை விட்டு வெளியேறுகின்ற மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும், திரவத்திற்குள் திரும்ப நுழைகின்ற மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் சமமாகின்ற நிலை தோன்றும். அப்போது திரவமும் ஆவியும் ஓர் 'இயக்கச் சமநிலை' (Dynamic Equilibrium) யிலிருப்பதாகச் சொல்லப்படும்; ஆவி 'தெவிட்டிய நிலை' (Saturated) யிலிருப்பதாகச் சொல்லப்படும்.



படம் 13

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் திரவமும், அதன் ஆவியும் சமநிலையிலிருக்கும்போது, திரவப் பரப்பிற்கு மேலே பரவியுள்ள தெவிட்டிய ஆவியின் அழுத்தம், அந்த வெப்பநிலையில் திரவத்தின் ஆவி அழுத்தம் எனப்படும்.

இந்த ஆவி அழுத்தம் தொகுப்பில், சமநிலையிலுள்ள திரவத்தின் அளவையோ, ஆவியின் அளவையோ பொறுத்திருக்காது. ஆனால் வெப்பநிலை உயர உயர திரவத்தின் ஆவியழுத்தமும் உயருவதாகக் காணப்பட்டுள்ளது. வெப்பநிலையுடன் ஆவியழுத்தம் மாறுகின்ற வீதத்தை வரைபடமாக வரைந்தால் ஒரு வளைந்தகோடு கிடைக்கிறது. 'P' என்பது மாறுதானப் புள்ளியைக் குறிக்கும். அதற்குமேல் பொருள் திரவ நிலையிலிருக்க முடியாது. எனவே மாறுதானப் புள்ளி, ஆவி அழுத்தம் அளக்கப்படக் கூடிய பெரும் வெப்பநிலையைக் குறிக்கிறது.

திரவ-ஆவி சமநிலை

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஆவி தெவிட்டிய நிலையிலிருக்கும்போது திரவமும் ஆவியும் சேர்ந்திருக்கலாம். அப்போது திரவ ஆவித் தொகுப்பு சமநிலையிலிருப்பதாகச் சொல்லப்படும். இத்தகைய சமநிலை நேரத்தைப் பொறுத்ததல்ல. சமநிலையில் திரவம் ஆவியாகிக் கொண்டிருக்கும் போதே, ஆவி திரவமாகிக் கொண்டிருக்கும். இதை திரவம் $\rightleftharpoons$ ஆவி என்று குறிப்பிட்டுக் காட்டலாம்.

இச்சமநிலை இயக்கச் சமநிலையாகும். அது ஓய்வு நிலையல்ல. ஆவியாதலும், திரவமாதலும் சேர்ந்தாற்போல நிகழ்ந்து கொண்டிருக்கின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் திரவத்தை விட்டு வெளியேறுகின்ற மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும், திரவத்திற்குள் திரும்ப வந்து சேருகின்ற மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் சமமாகும். எனவே ஒன்றின் விளைவு மற்றதால் ரத்து செய்யப்பட்டு, தொகுப்பு நிலையாக உள்ளது போலத் தோன்றுகிறது.

கொதிநிலை (Boiling Point)

வெப்பநிலை உயரும்போது மூலக்கூறுகளின் சராசரி வேகம் அதிகரிக்கிறது என்று முன்னரே சொன்னோம். எனவே ஒரு திரவத்தை சூடாக்கினுல், வேகமாக இயங்கிக் கொண்டிருக்கின்ற மூலக்கூறுகள் இன்னும் எளிதாகத் திரவத்திலிருந்து வெளியேறி விடுகின்றன. எனவே சூடாக்குவதால் திரவம் ஆவியாதல் அதிகரிக்கிறது. வெப்பநிலை அதிகமாகி விட்டால் விரைந்து இயங்கும் மூலக்கூறுகள் வேகமாக வெளியேறுவதற்கு திரவத்தின் மேற்பரப்பு போதுமானதாக இருக்காது. அப்போது திரவத்திற்குள்ளேயே ஆவிக்குமிழிகள் உருவாகின்றன. இந்த மூலக்கூறுகள் பரப்பை நோக்கி மேலேறும்போது, அவற்றின் பருமன் அதிகரித்து, இறுதியில் மேற்பரப்பிலிருந்து தப்பி வெளியேறுகின்றன. இவ்வாறு குமிழிகள் உருவாகி ஆவியாதல், கொதித்தல் எனப்படும். திரவம் கொதிக்கத் துவங்கும் வெப்பநிலை, அதன் கொதிநிலை எனப்படும். திரவத்தின் ஆவியழுத்தம் வெளியழுத்தத்திற்கு அதாவது வளி அழுத்தத்திற்குச் சமமாகி விட்டால் அதற்குமேல் திரவத்தின் வெப்பநிலை உயராது. அதைத் தொடர்ந்து சூடாக்கினுல் திரவம் எஞ்சியுள்ளவரை, குமிழிகள் இன்னும் வேகமாக உருவாதல் மட்டுமே ஏற்படும்,

எனவே ஒரு திரவத்தின் ஆவியழுத்தம், அதன்மேல் செயல் படும் வெளி அழுத்தத்திற்குச் சமமாகின்ற வெப்பநிலையே அதன் கொதிநிலையாகும் என வரையறுக்கலாம்.

வெளி அழுத்தம், ஒரு வளி அழுத்தத்திற்குச் சமமாயிருக்கும் போது திரவம் கொதிக்கின்ற வெப்பநிலை அதன் 'திட்டக்' கொதிநிலை (Normal) எனப்படும். மேலே சொன்னவற்றிலிருந்து ஒரு திரவத்தின்மேல் செலுத்தப்படுகின்ற அழுத்தத்தைக் குறைத்தால் அதற்கு நேர்விகிதத்தில் திரவத்தின் கொதிநிலை யும் குறையும் என்பதும் அதேபோல அழுத்தத்தை அதிகரித்துத் திரவத்தின் கொதிநிலையையும் நேர்விகிதத்தில் உயர்த்தலாம் என்பதும் புலப்படும். மலையுச்சிப் பகுதிகளிலுள்ளதைவிட, கடல் மட்டத்தில் நீரின் கொதிநிலை அதிகமாயிருக்கும். ஏனெனில் கடல் மட்டத்திலுள்ள வளி அழுத்தம் மலை உச்சிகளி லிருப்பதைவிட அதிகம்.

உறைநிலை (Freezing Point)

திரவங்களைப் போதுமான அளவு குளிரச் செய்தால் அவை திட நிலையை அடைகின்றன. இந் நிகழ்ச்சியை உறைதல் என்கிறோம். திரவநிலையிலிருக்கும்போது மூலக்கூறுகள் இயங்கு வது மிகவும் கட்டுப்படுத்தப்பட்டிருக்கும். எனவே திண்மப் பொருள்கள் குறிப்பிட்ட உருவமுள்ளவையாக இருக்கும். அவை திரவங்களையும், வாயுக்களையும் போல ஓடிப் பரவாது. திடப் பொருள்களுக்கும் மிகமிகக் குறைந்த அளவில் ஆவியழுத்தம் உண்டு.

பொருளின் திடநிலையும், திரவநிலையும் சமநிலையிலிருக்கின்ற வெப்பநிலை பொருளின் உறைநிலை எனப்படும்.

உறைநிலையில் பொருளின் திடநிலை ஆவியழுத்தமும், திரவ நிலை ஆவியழுத்தமும் சமமாயிருக்கும். இல்லாவிடில் இருநிலை களுக்குமிடையில் சமநிலை ஏற்படாது. எனவே பொருள் திட நிலையிலும், திரவ நிலையிலும் ஒரு ஆவி அழுத்தமுள்ளதாக ஆகின்ற வெப்ப நிலையிலேயே அதன் உறைநிலையாகும் எனவும் வரையறுக்கலாம்.

வெளியழுத்தம் மாறும்போது, திடநிலை ஆவியழுத்தமும் திரவநிலை ஆவியழுத்தமும் ஒரே மாதிரியாகப் பாதிக்கப்படுவ தில்லை; எனவே இரண்டும் சமமாயிருக்கக் கூடிய வெப்பநிலை யும் மாறும். அதாவது கொதிநிலையினைப் போலவே, பொரு

ளின் உறைநிலையும், வெளி அழுத்தத்தின் அளவைப் பொறுத்தே அமைகின்றது. வெளி அழுத்தம் ஒரு வளி அழுத்தத்திற்குச் சமமாயிருக்கும்போது, திடநிலையும் திரவநிலையும் சமமான ஆவி அழுத்தங்களை அடைகின்ற வெப்பநிலை பொருளின் திட்ட (normal) உறைநிலை எனப்படும்.

பரப்பு இழுவிசை (Surface Tension)

ஒரு திரவம் உட்பகுதியிலும், மேற்பரப்பிலும் மூலக்கூறுகள் நிறைந்தது. அதன் பரப்பிற்கு மேலே அதன் ஆவி பரவியிருக்கும், திரவத்தின் உட்பகுதியிலுள்ள மூலக்கூறு மற்ற மூலக்கூறுகளால் சூழப்படுவதால் அதன் மேல் சராசரியில் எல்லாத் திசைகளிலிருந்தும் சம அளவான ஈர்ப்பு விசைகள் செலுத்தப்படுகின்றன. ஆனல் மேற்பரப்பிலுள்ள மூலக்கூறு ஒன்றினை எடுத்துக் கொண்டோமானுல் ஆவி பகுதியிலுள்ள மூலக் கூறுகளின் எண்ணிக்கை திரவப் பகுதிகளிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைவிடக் குறைவாயுருப்பதனுல் திரவப் பகுதியினுல் ஏற்படும் கவர்ச்சி விசை வாயுப் பகுதியினுல் ஏற்படும் கவர்ச்சி விசையைவிட அதிகமாயிருக்கும். இதனுல் சமன் செய்யப் படாத ஒரு விசை பரப்பின் மேலுள்ள மூலக்கூறினைத் தாக்குகின்றது. இதன் விளைவாக அது மற்ற மூலக்கூறுகளினுல் திரவத்தின் உட்பகுதிக்கு இழுக்கப்பட்டு திரவமே தனது புறப் பரப்பைக் குறைத்துச் சுருக்கி சிறுமமாக்கிக் கொள்ள முயல்கிறது. இவ்வாறு தன்னைச் சுருக்கிக்கொள்ளமுயற்சி செய்வதால், திரவப் பரப்பு ஒரு இழுவிசைக்காட் பட்டுள்ளதுபோல நடந்து கொள்கிறது. எல்லாத் திரவங்களுமே ஒரு இழு விசையுள்ள படலத்தினுல் மூடப்பட்டவைபோல நடந்து கொள்கின்றன. திரவங்களின் இந்த இயல்பு பரப்பு இழுவிசை எனப்படும். ஒரு திரவப் பரப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகளை இழுத்துப் பிடித்து இணைத்து வைப்பது இந்தப் பரப்பு இழுவிசையே யாகும்.

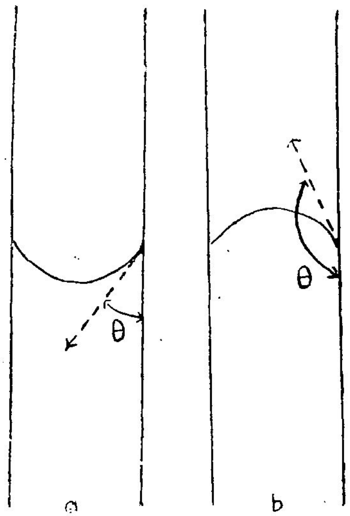
திரவத்தின் பரப்பின்மேல் வரையப்பட்ட ஒரு செ.மீ. நீளக் கோட்டிற்குச் செங்குத்தாகச் செயல்படுகின்ற விசை அதன் பரப்பு இழுவிசை எனப்படும். அது டைன்கள்/செ.மீ. என்ற அலகுகளில் அளக்கப்படும்.

பரப்பு இழுவிசை காற்றுக்கும், திரவத்திற்கு இடையிலும், ஒன்றோடொன்று கலக்காத திரவங்களுக்கிடையிலும், ஒரு திரவத்திற்கும் ஒரு திடப்பரப்பிற்குமிடையிலும், தனிமையான பரப்புகள் உருவாகும் போதெல்லாம் தோன்றுகிறது. பரப்பு

இழுவிசையின் அளவு, திரவத்தின் தன்மை, இடப்பரப்பின் தன்மை, வெப்பநிலை ஆகியவற்றைப் பொறுத்தது.

நாம் தினமும் காண்கின்ற பல நிகழ்ச்சிகள் பரப்பு இழு விசையினால் ஏற்படுகின்றன. உதாரணமாக ஒரு சிறிய குழ லின் முனையிலிருந்து விழுகின்ற திரவத் துளிகள், மழைத் துளி கள் ஆகியவை கோள வடிவுள்ளவையாக இருக்கின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட பருமத்திற்குக் கோள வடிவம் சிறுமமான புறப் பரப்பை உடையதாகையால் துளி தனது புறப்பரப்பைக் சிறும மாக வைத்துக் கொள்வதற்காகக் கோள வடிவை எடுத்துக் கொள்கிறது.

ஒரு தூய நுன்புழைக் குழாயை, அதோடு ஒட்டுகின்ற நீர் போன்ற திரவத்திற்குள் செங்குத்தாக நுழைத்தால், திரவம் குழாய்க்குள் ஏறுகின்றது. இது குழாயின் சுவற்றிற்கும், திரவத் திற்கும் இடையிலுள்ள பரப்பு இழுவிசையினால் ஏற்படுவதால் திரவத்தின் மேற்பரப்பு குழிந்த பிறைத்தலமாக உள்ளது. ஒன்றையொன்று ஆர்வத்துடன் ஈர்த்துக் கொள்கின்ற எல்லா திடப்பொருள்களிலும் திரவப் பொருள்களிலும் இதுபோல் ஏற் படுகிறது. திரவப் பரப்பிற்கும், திரவத்திற்குள்ளிருக்கும் திடப் பரப்பிற்கும் இடையிலுள்ள கோணம் சேர்கோணம் (θ) எனப்படும். இவ்வகையில் சேர் கோணம் 90°க்குக் குறைவாகக் குறுங் கோணமாக உள்ளது. திரவத்திற்கும், திடப்பொருளுக் கும் இடையில் கவர்ச்சி இல்லாத போது பிறைத்தலம் குவிந்து இருக்கும். சேர்கோணம் 90°க்கு மேற்பட்டதாக விரிகோணமாக இருக்கும். திடப்பரப்போடு ஒட் டாத பாதரசம் போன்ற திரவங்கள் இவ்வாறு குவிந்த பிறைத் தலத்தை ஏற்படுத்துகின்றன.



படம் 14

எண்ணைக் கறையுள்ள பரப்பின்மேல் நீர் வர்ணத்தைப் பூசினால் அது நீராகப் பரவிப் படருவதில்லை. பரப்பு இழுவிசை யின் காரணமாகச் சுருங்கித் திவலைகளாகிவிடுகிறது.

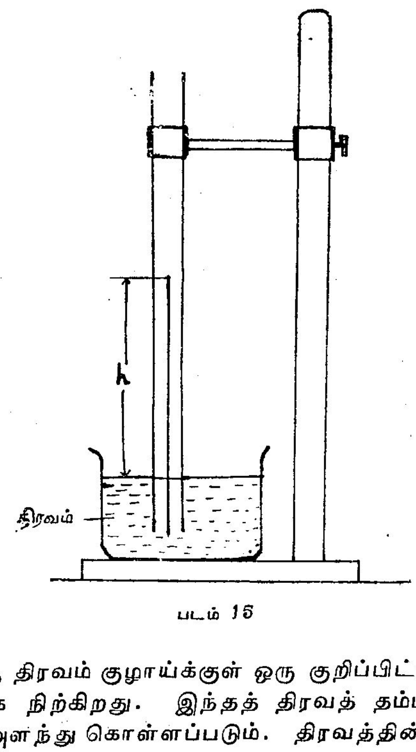
ஓர் ஒற்றுத்தாளின் முனையைத் தண்ணீரில் நனைத்தால் அது நீரை உறிஞ்சித் தாள் முழுவதும் ஈரமாகிவிடுகிறது. ஒரு மெல்லிய ஊசி அல்லது கம்பியை ஓர் ஒற்றுத்தாள் துண்டின்மேல் வைத்து நீரில் மிதக்கவிட்டால் சிறிது நேரம் கழித்து ஒற்றுத்தாள் ஊறிப்போய் நீரில் மூழ்கிவிடும். கம்பி மட்டும் நீரில் மிதக்கும். ஏனெனில் நீர்ப்பரப்பு இழுவிசையுள்ள படலத்தைப்போல சிறிய பளுக்களைத் தாங்குகின்றது.

ஒன்றோடொன்று கலக்காத இரு திரவங்களைச் சேர்த்து வைத்தால் பிறைத்தலம் ஏற்படுகிறது.

பரப்பு இழுவிசையைக் கண்டுபிடித்தல்

(a) *நுண்புழை ஏற்றமுறை* (Capillary Rise Method)

தத்துவம் : கண்ணாடியாலான ஒரு நுண்புழைக் குழாயை கண்ணாடி யோடு ஒட்டுகின்ற ஒரு திரவத்தில் செங்குத்தாக



படம் 15

நிறுத்தினால், திரவம் குழாய்க்குள் ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்திற்கு ஏறி நிலையாக நிற்கிறது. இந்தத் திரவத் தம்பத்தின் உயரம் 'h' என்று அளந்து கொள்ளப்படும். திரவத்தின் அடர்த்தியும்,

குழாயின் ஆரமும் தெரிந்தால், திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையைக் கணக்கிடலாம்.

செய்முறை : சீரான துளையுள்ள ஒரு கண்ணாடி நுண்புழைக் குழாயின் ஆரத்தைக் கண்டுபிடி. அதை குரோமிக் அமிலக் கலவையினால் முற்றிலும் சுத்தப்படுத்தி, காய்ச்சி வடித்த நீரால் கழுவி உலரவிடு. பரப்பு இழுவிசை காணப்படவேண்டிய திரவத்தை ஒரு தூய கண்ணாடிக் கிண்ணத்தில் எடுத்துக்கொள். நுண்புழைக் குழாயை கிண்ணத்தில் செங்குத்தாகப் பொருத்து. திரவம் குழாயினுல் ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்திற்கு ஏறி நிற்கும். அந்த உயரத்தை அளந்துகொள்.

கணக்கீடு :

நுண்புழைக் குழாயினுள் திரவத் தம்பத்தின் உயரம்	h
திரவத்தின் 1 செ.மீ. நீளத்தில் செயல்படும் இழுவிசை	T
திரவத்தின் அடர்த்தி	d
குழாயின் ஆரம்	r
குழாயின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு	πr^2
குழாயினுள் உள்ள திரவத் தம்பத்தின் பருமன்	$\pi r^2 h$
புவிஈர்ப்பு முடுக்கம்	g
திரவத் தம்பத்தின் எடை	$\pi r^2 hgd$

இந்த எடை குழாயின் பரிதிச் சுவற்றில் செயல்படும் பரப்பு இழுவிசையினுல் தாங்கப்படுகிறது.

குழாயின் பரிதி $= 2\pi r.$

∴ குழாயின் பரிதிச் சுவற்றில் செயல்படும் மொத்தப் பரப்பு இழுவிசை $= 2\pi rT.$

இந்த மொத்தப் பரப்பு இழுவிசை திரவத் தம்பத்தின் எடைக்குச் சமம்.

அதாவது $2\pi rT = \pi r^2 hgd.$

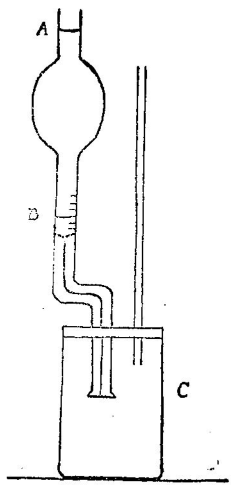
அல்லது $T = \frac{rhgd}{2}$ டைன்கள்/செ.மீ.

$= \frac{rhd}{2}$ கிராம்/செ.மீ.

துளிமுறை (Drop Method)

தத்துவம் : தெரிந்த பரப்பு இழுவிசையுள்ள ஒருதிரவத்துடன் ஒப்பிடுவதன் மூலம் மற்றொரு திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையைக் கண்டுபிடிக்கும் இம்முறை மிக எளிதானதும் வசதியானதுமாகும். இம்முறையில் ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனுள்ள இரு திரவங்கள் ஒரே நுண்துளைக் குழாய் வழியாகச் செல்லும்போது உருவாகும் துளிகளின் எண்ணிக்கை கண்டுபிடிக்கப்படும்.

செய்முறை : இம்முறையில் ஸ்டாலக்மோ மீட்டர் எனும் கருவி பயன்படுகிறது. அதில் ஒரு குமிழின் அடியில் இணைக்கப்பட்ட நுண்புழைக் குழாயுள்ளது. அதன் அடிமுனை செம்மையாகத் தட்டையாக்கப்பட்டு வழவழப்பாக உள்ளது. குமிழிற்குக் கீழேயுள்ள பகுதி அளவு குறிக்கப் பட்டுள்ளதால் துளியின் பங்குகளைக் கூட அளவெடுக்கலாம். ஸ்டாலக்மோ மீட்டரை முதலில் குரோமிக் அமிலத்தால் தூய்மைப்படுத்தி, காய்ச்சி வடித்த நீரால் கழுவி உளரவிடு. ஸ்டாலக்மோ மீட்டரை இருதுளை அடைப்பான் பொருத்தப்பட்ட ஒரு குடுவையில் படத்தில் காட்டியதுபோல் செருகு. பின்னர் குழாயை தெர்மோஸ்டாட் எனும் வெப்பநிலையை மாருமல் வைக்கின்ற அமைப்பிற்குள் வை. ஏனெனில் வெப்பநிலை மாறும்போது பரப்பு இழுவிசையும் மாறும்.



படம் 16

முதலில் இழுவிசை கண்டுபிடிக்கப்படவேண்டிய திரவத்தை எடுத்து அதை ஸ்டாலக்மோ மீட்டரில் குமிழுக்கு மேலே '*A*' குறி வரை நிரப்பு. கருவியிலுள்ள திரவம் தெர்மோஸ்டாட்டின் வெப்பநிலைக்கு வரும் வரை பொறுத்திருந்துவிட்டு அதன் பின்னர் திரவத்தை மிக மெதுவாகக் குழாய் வழியே பாயவிடு. ஸ்டாலக்மோ மீட்டரின் தட்டையான முனையில் உருவாகிக் கீழே விழுகின்ற துளிகளை எண்ணு. இவ்வாறு திரவ மட்டம் '*A*' குறியிலிருந்து '*B*' குறிக்கு வரும்வரை உருவாகின்ற துளிகளின் எண்ணிக்கையைக் கண்டுபிடி. உருவாகின்ற ஒவ்வொரு துளியும் படிப்படியாகப் பெரியதாகிப் பெரும உருவை அடைந்ததும் கீழே விழுகின்ற வகையில் திரவம் குழாய் வழியாக மிகமிக மெதுவாகப் பாயவேண்டும்.

ஸ்டாலக்மோ மீட்டரைக் கழுவி உலர விடு. அதே கருவியில் தண்ணீர் போன்ற பரப்பு இழுவிசை தெரிந்த திரவத்தை நிரப்பி மேலே கண்டவாறே திரவ மட்டம் 'A' குறியிலிருந்து 'B' குறிக்கு வரும்வரை உருவாகின்ற துளிகளின் எண்ணிக்கையைக் கண்டு பிடி.

கணக்கீடு

சோதனைக்கான திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை	=	T_1
குழாயிலிருந்து விழுகின்ற ஒரு துளியின் எடை	=	w_1
அதன் பருமன்	=	v_1
திரவத்தின் அடர்த்தி	=	d_1
குழாயின் தட்டையாக்கப்பட்ட முனையின் ஆரம்	=	r

துளி விடுபட்டுக் கீழே விழுவதற்குச் சற்று முன்னர் அதன் எடை குழாயின் முனையின் பரிதியில் செயல்படும் பரப்பு இழுவிசையினால் தாங்கப்படுகிறது.

எனவே $T_1 \times 2\pi r = w_1 = v_1 d_1$.

$$\text{அதாவது } T_1 = \frac{v_1 d_1}{2\pi r} \qquad (1)$$

தண்ணீரின் பரப்பு இழுவிசை T_2, அதன் துளியின் எடை w_2, பருமன் v_2, நீரின் அடர்த்தி d_2 எனில்

$$T_2 = \frac{v_2 d_2}{2\pi r} \qquad (2)$$

(1) ம் சமன்பாட்டை (2) ம் சமன்பாட்டினால் வகுத்தால்,

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{v_1 d_1}{v_2 d_2}$$

ஒரே குழாய் வழியாக சம பருமனுள்ள திரவங்களைப் பாய விடுவதால் உருவான துளிகளின் எண்ணிக்கை ஒரு துளியின் பருமனுக்கு எதிர் விகிதத்திலிருக்க வேண்டும். ஏனெனில் ஒரு துளியின் பருமன் அதிகரிக்க அதிகரிக்க துளிகளின் எண்ணிக்கை குறையும்.

எனவே குறிப்பிட்ட பருமனுள்ள இரு திரவங்களில் n_1, n_2 எனும் எண்ணிக்கைகளுள்ள துளிகள் உருவானால்,

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{v d_1}{v^2 d_2} = \frac{n_2 d_1}{n_1 d_2} \text{ அல்லது } \frac{T_1}{T_2} = \frac{n_2 d_1}{n_1 d_2}$$

இச்சமன்பாட்டில் T_1-ஐத் தவிர மற்றெல்லா அளவுகளும் தெரிந்தவையாதலால் அதைக் கணக்கிட்டுவிடலாம்.

திரவங்கள் கிட்டதட்ட ஒரே அடர்த்தியுள்ளவையானுல் உருவான துளிகளின் எண்ணிக்கையை மட்டும் கண்டுபிடித்தால் போதுமானது. மருத்துவத்துறையில் இந்தத் (துளி எண்) (drop number) வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. துளி எண்ணின் மதிப்பு உயர உயரத் திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசை குறைவாகும்.

பரப்பு இழுவிசையைப் பாதிக்கின்ற அம்சங்கள்

1. ***வெப்பநிலை :*** வெப்பநிலை உயரும்போது எல்லாத் திரவங்களுக்கும் பரப்பு இழுவிசை பெருமளவு குறைந்து விடுகிறது. திரவம் அதன் தெவிட்டிய ஆவியிலிருந்து பிரித்துணர முடியாத நிலையை அடைகின்ற மாறுதான வெப்பநிலையில் பரப்பு இழுவிசை சுழியாக வேண்டும்.

R. வான் ஈவட்வோ என்பார் 1886-ல் முதன்முறையாக வெப்பநிலைக்கும் பரப்பு இழுவிசைக்குமிடையில் ஓர் அளவியல் உறவைத் தருவித்தார். 1893-ல் W. ராம்ஸே, J. ஷீல்ட்ஸ் ஆகியோர் அதைத் திருத்தியமைத்துப் பின்வரும் சமன்பாட்டை உருவாக்கித் தந்தனர்.

$$T\,(MV)^{2/3} = R\,(t_c - 6 - t)$$

இதில் MV என்பது மூலக்கூறு பருமம் (Molar Volume) 'T' பரப்பு இழுவிசை; 't_c' மாறுதான வெப்பநிலை ; 't' சோதனையின் போதுள்ள வெப்பநிலை ; 'R' என்பது ஒரு மாறிலி. அயனிப் பிரிகையாகாத சாதாரணத் திரவங்களுக்கு 'R' ன் மதிப்பு 2·12 எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

*கரை **பொருள்கள்*** (Solutes)

திரவத்தில் கரைக்கப்படும் வெவ்வேறு பொருள்கள் அதன் பரப்பு இழுவிசையை வெவ்வேறு அளவில் பாதிக்கின்றன. கனிமப் (Inorganic) பொருள்கள் கரைப்பானின் பரப்பு இழுவிசையை அவ்வளவாகப் பாதிப்பதில்லை. சில சமயங்களில் அவை பரப்பு இழுவிசையை மிகச் சிறிய அளவில் உயர்த்தும்.

சர்க்கரை, அமினோ அமிலங்கள் போன்ற கரிமப் பொருள்களும் பரப்பு இழுவிசையை அவ்வளவாகப் பாதிப்பதில்லை. ஆனால் சோப்புகள், புரதங்கள், பித்தநீர் உப்புகள் (bile salts), ஆல்கஹால், ஆல்டிஹைடுகள், கீடோன்கள், கார்பாக்ஸிலிக் அமிலங்கள், கரிம அமில எஸ்டர்கள், கிளைகோஜன், லெப்டோன்கள், குளோபுலின்கள், ஆல்புமின்கள் போன்ற மற்ற கரிமப் பொருட்கள் கரைப்பானின் பரப்பு இழுவிசையைக் கணிசமாகக் குறைத்துவிடுகின்றன.

வெவ்வோறு பொருள்கள் திரவங்களின் பரப்பு இருவிசையை பாதிப்பதும், கரைப்பானின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் இக்கரை பொருள்களின் செறிவு அமைந்திருப்பதும் W. கிப்ஸ், J. J. தாம்ஸன் ஆகியோரால் ஆராயப்பட்டன. அதன் விளைவாக கிப்ஸ்-தாம்ஸன் தேற்றம் எனும் விதி உருவாக்கப்பட்டது. இவ்விதி கூறுவதாவது :

கரைப்பானின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறையச் செய்கின்ற கரைபொருட்கள், கரைசலின் உட்பகுதிகளைவிட மேல் பரப்பிலேயே அதிக அளவில் செறிந்திருக்கின்றன. கரைப்பானின் இழுவிசையை அதிகரிக்கச் செய்கின்ற கரைபொருட்கள் கரைசலின் உட்பகுதிகளிலேயே அதிக அளவில் செறிந்துள்ளன.

கரிமக் கூட்டுப் பொருட்களின் ஒருபடித்தான (homogenous) வரிசைகளைக் கவனித்தால், ஒவ்வொரு வரிசையிலும் ஒவ்வொரு பொருளும் அதற்கடுத்ததாகக் கீழேயுள்ள பொருளைவிட மூன்று மடங்கு அதிகத் திறனுடன் கரைப்பானின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்கிறது என I. ட்ராப் கண்டுபிடித்தார். இது ட்ராப் விதி எனப்படுகிறது.

பரப்பு இழுவிசையின் பயன்கள்

(1) சிறுநீரில், பித்தநீர் உப்புகளிருப்பதைக் கண்டுபிடிக்கும் ஹேயின் சோதனை

தண்ணீர் அல்லது உடல் நலமான ஒரு மனிதனின் சிறுநீரின் மேற்பரப்பில் கந்தகப் பூக்களைத் தூவினால் அவை மிதக்கின்றன. ஏனெனில் இரு விசையுள்ள படலத்தைப்போலச் செயல்படும் திரவப் பரப்பு அவற்றைத் தாங்கவல்லதாயிருக்கிறது. ஆனால் மஞ்சள் காமாலை நோயுள்ள ஒரு நபரின் சிறுநீரில் இவ்வாறு செய்தால் கந்தகப் பூக்கள் மூழ்கி அடியில்

போய்த் தங்கிவிடும். இத்தகைய காமாலை (Icteric) சிறுநீரில் பித்தநீர் உப்புகள் உள்ளன. அவை திரவத்தின் பரப்பு இழு விசையைக் கணிசமாகக் குறைத்து விடுகின்றன. எனவே திர வத்தின் பரப்புப் படலம் கந்தகப் பூக்களைத் தாங்க வலுவற்றதாகி விடுகிறது.

(2) கொசுப் புழுக்களை அழித்தல்

தேங்கிய குட்டைகளில் நீர்ப் பரப்பிலிருந்து கொசுப் புழுக் கள் தம் மூச்சுக் குழாய்களின் உதவியால் தொங்கிக் கொண் டிருக்கின்றன. இத்தகைய நீரில் மண்ணெண்ணெயைக் கலந் தால், அது பரவி நீர்ப்பரப்பு முழுவதையும் மூடிவிடும். அப்பொழுது தோன்றும் எண்ணெ நீர்முகவிடைப் பரப்பின் இழுவிசை, தூய நீரின் பரப்பு இழுவிசையைவிட மிகக் குறைவு. குட்டையிலுள்ள தண்ணீரில் பலவகையான அசுத்தங்கள் கரைந்திருப்பதால், அதன் பரப்பு இழுவிசை, தூயநீரின் பரப்பு இழுவிசையைவிடக் குறைவாகவேயிருக்கும். எண்ணெ கலப்ப தால் பரப்பு இழுவிசை இன்னும் குறையும். கொசுப் புழுக்கள் நீர்ப்பரப்பிலிருந்து தொங்க முடியாமல் நீரில் மூழ்கி மூச்சுத் திணறி இறந்துவிடும்.

(3) இரத்த சீரத்தில் லைபேஸ் என்சைமின் அளவைக் கண்டு பிடித்தல்

கொழுப்பைச் சீரணம் செய்கிற லைபேஸ் (Lipase) எனும் என்சைம் ரத்த சீரத்தில் உள்ளது. இந்த என்சைம், சோடியம்-டை-ஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட்டும், டை சோடியம் ஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட்டும் உள்ள நீர்க் கரைசலில் இருக்கின்ற கிளிசெரில் டிரிப்யூட்டைரேட்டைச் (ட்ரிப்யூட்டைரின்) சிதைக்கக்கூடியது. ட்ரிப்யூட்டைரின் நீரின் உரு விசையைக் குறைக்கவல்லது. ஆனால் அது சிதையும்போது தோன்றுகின்ற கிளிசராலும், சோடியம் பியூடைரேட்டும் பரப்பு இழுவிசையைப் பாதிப்பதேயில்லை. எனவே உடல் நலமுள்ள ஒரு மனிதனின் இரத்த சீரத்தையும், தெரிந்த பரப்பு இழுவிசையிலுள்ள ட்ரிப்யூட்டைரின் கரைசலையும் பயன்படுத்தித் துளி எடைச் சோதனையைச் செய்யும்போது, டிரிப்யூட்டைரின் சிதைந்து கிளிசராலும், சோடியம் ப்யூடைரேட்டும் உருவாவதால் கரை சலின் பரப்பு இழுவிசை படிப்படியாக உயரும். அதாவது துளிஎண் படியாகக் குறையும். இதே சோதனையை நுரையீரல் தைசிஸ் (pulmonary phthisis) எனும் நோயுள்ள நபரின் இரத்த சீரத்தைப் பயன்படுத்திச் செய்தால் துளி எண் குறைகின்ற

வீதம், அதாவது பரப்பு இழுவிசை அதிகரிக்கின்ற வீதம், முன்னைய சோதனையிலிருப்பதைவிட மிகக் குறைவாயிருப்பதைக் காணலாம். இதிலிருந்து நோயுள்ளவரின் இரத்த சீரத்தில் ட்ரிப்யூட்டைரின் சிதைகின்ற வீதம் மிக மெதுவாக இருப்பதையும், இதற்குக் காரணம் சீரத்தில் லைபேஸ் என்சைம் குறைந்த அளவில் இருப்பதுமே என்பதையும் அறியலாம்.

(4) *பரப்புக் கவர்தலை* (Adsorption) *அதிகரித்தல்*

இருநிலைகளிலுள்ள பொருட்களுக்கிடையிலுள்ள எல்லைப் பரப்பில் செறிவில் ஏற்படும் மாற்றம் பரப்பு கவர்தல் எனப்படும். ஒரு பொருளின் மேற்பரப்பில் மற்ற பொருட்களின் செறிவு அதிகரித்தல் நேரின பரப்பு உட்கவர்தல் எனப்படும். ஒரு பொருளின் மேற்பரப்பில் மற்ற பொருட்களின் செறிவு குறைதல் எதிரின பரப்பு கவர்தல் எனப்படும். கிப்ஸ்தாம்ஸன் தேற்றப்படி ஒரு திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்கின்ற கரைபொருள், கரைசலின் உட்பகுதியைவிட மேற்பரப்பில் அதிகமான செறிவுள்ளதாக இருக்கிறது. கூழ்ப்பொருள் போன்ற பெரிய புறப்பரப்புள்ள திடப்பொருள்களைச் சேர்ப்பதன் மூலம் எல்லைப்பரப்பு அதிகரிக்கப்பட்டால், திடப்பொருட்களுடன் இணைந்துள்ள கரைசல் படலத்தில் உள்ள கரைபொருளின் செறிவு மிகவும் அதிகரித்துவிடுகிறது. திடப்பொருளின் புறப்பரப்பில் கரைபொருள் உட்கவரப்படுகிறது. திரவத்தில் திடப்பொருளின் செறிவு குறைகிறது. கரைசலின் பரப்பு இழுவிசையில் கரைபொருளினுல் தோற்றுவிக்கப்படும் குறைவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க, கரைபொருள் பரப்பு உட்கவரப்படுவதும் அதிகரிக்கிறது. பரப்புக்கவரலில் ஏற்படும் அதிகரிப்பு திரவ, திடப் பொருள்களின் முகவிடைப் பரப்பிலுள்ள பரப்பு இழுவிசையினுல் ஏற்படுகிறது; திரவ-காற்று முகவிடைப் பரப்பிலுள்ள பரப்பு இழுவிசையினுல் ஏற்படுவதில்லை.

நமது உடலில் ஏற்படுகின்ற பல்வேறு என்சைம் மாற்றங்கள் உயிரிகளில் மருந்துகளாலும், விஷத்தினுலும் ஏற்படும் விளைவுகள், புரோட்டோப் பிளாசத்தில் புரோட்டீன்களும், கொழுப்புகளும் இணையும்போதும் தோன்றுகின்ற சிக்கலான கூட்டுப்பொருள்கள் உருவாவது ஆகியவை மேற்சொன்ன அடிப்படையிலேயே நிகழ்கின்றன.

(5) புரோட்டீன்களும், கொழுப்புகளும் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்கின்றன. எனவே செல் சுவர்களில் செறிந்

துள்ளன. இதனுல் அப்பொருட்கள் பரப்பு உட்கவரப்படுவது அதிகரிக்கிறது.

(6) இரத்தத்திலுள்ள பல பொருட்கள் அதன் பரப்பு இருவிசையைக் குறைத்து அதன் பாகியல் தன்மையை அதிகரிக்கின்றன. கெடுவிணைப் பயனுக இரத்த ஓட்டத்தில் ஒரு காற்றுக் குமிழ் நுழைந்துவிட்டால் அங்கு ஒரு காற்று-திரவ முகவிடைப் பரப்பு தோன்றிவிடுகிறது. இரத்தத்தில் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைத்து அதன் பாகியல் தன்மையை அதிகரிக்கும் பொருள்கள் இருப்பதால் காற்று-திரவ முகவிடைப் பரப்பில் அவற்றின் செறிவு அதிகரித்து அதன் விளைவாக அப்படலத்தின் பாகியல் தன்மையும் அதிகரிக்கிறது. எனவே காற்றுக் குமிழைச் சுற்றி ஓர் உறுதியான படலம் உருவாகி, காற்று உட்கவரப்படுவதைத் தடுத்துவிடுகிறது. இதனுல் ஓர் ரத்த ஓட்டத்தடங்கள் (Emlolus) உருவாகிவிடலாம். அது நுரையீரல் தமனி அல்லது இதயத்தை அடைந்தால் உயிருக்கே ஆபத்தாகிவிடும்.

(7) சோப்பை நீரில் கரைத்தால் பரப்பு இழுவிசை குறைந்து விடுகிறது. அதனுல் மேற்பரப்பில் சோப்பின் செறிவு அதிகரித்து அது பாகியல் தன்மையுள்ளதாகிறது. இந்தக் கரைசலை காற்றுடன் சேர்த்து வேகமாகக் குலுக்கினுல் தனிப் பரப்பு பெருமளவில் அதிகரிக்கிறது. அதனுல் நுரை தோன்றும். சோப்பின் தூய்மைப்படுத்தும் தன்மை இதனுல் ஏற்படுகிறது. துணியிலுள்ள எண்ணெக் கறைபொருளுக்கும் தண்ணீருக்கும் இடையிலுள்ள முகவிடைப் பரப்பு இழுவிசை மிகவும் குறைக்கப் பட்டுவிடுவதால் தண்ணீர் அப்பொருளைச் சூழ்ந்துகொண்டு கழுவிவிடுகிறது. இத்தத்துவத்தின் அடிப்படையிலேயே செயல் படுகிறது.

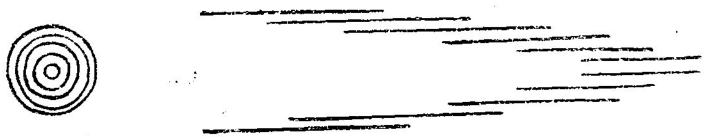
(8) ஆல்புமின் நீரின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைப்ப தோடன்றி அதன் பாகியல் தன்மையையும் அதிகரிக்கிறது. ஆகவே ஆல்புமின் உள்ள சிறுநீரை ஒரு குடுவையிலிட்டுக் குலுக்கினுல் நுரைதோன்றி வெகுநேரம் நீடித்திருக்கும். சிறுநீரில் ஆல்புமின் உள்ளதா என அறிய இது ஒரு எளிய, விரைவான முறையாகும்.

பாகியல் (Viscosity)

எந்த திரவமும் குறுகிய துளையுள்ள குழாய்களின் வழியே ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்துடன் பாயும். அந்த வேகம்,

பாய்வைத் தோற்றுவிக்கின்ற விசையையும், திரவத்தின் இயல்பையும் பொறுத்திருக்கும். எண்ணைகளும், கிளிசரால் போன்ற திரவங்களும் மெதுவாகப் பாய்கின்றன. அவை பாகியல் தன்மை உள்ளவை எனப்படும். தண்ணீர், ஈதர் போன்றவை வேகமாகப் பாயக்கூடியவை.

ஒரு குறுகிய குழாய் வழியே பாயும் திரவத்தை மெல்லிய ஓர் அச்சான உருளைப் படலங்களாகப் பிரிக்கலாம். குழாயின் சுவரைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கின்ற முதல் படலம் இயங்காமல் ஓய்வு நிலையில் இருக்கும். ஒவ்வொரு படலமும் அதற்கு வெளியிலுள்ள படலத்தைக் கடந்து ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்



படம் 17

துடன் நழுவிச் செல்கிறது. இந்த திசைவேகம் அடுத்தடுத்த உட்படலங்களில் படிப்படியாக அதிகரித்துக்கொண்டேபோய் குழாயின் அச்சில் பெரும் மதிப்பை அடைகிறது. இவ்வாறு ஒவ்வொரு உட்படலமும் அதற்கு வெளியிலுள்ளதைவிட அதிக மான இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது. இவ்வாறு திரவப் பாய்ச் சலின் திசையில் படலங்கள் ஒன்றையொன்று கடந்து செல் கின்ற இயக்கத்தைப் படலங்களுக்கிடையிலுள்ள உராய்து விளைவு தடை செய்கின்றது. திரவத்தின் பாய்ச்சலுக்கு இவ்வாறு ஏற்படுத்தப்படும் உராய்வுத்தடை திரவத்தின் பாகியல் எனப்படும்.

திரவத்தில் ஒரு செ.மீ. இடைவெளியிலுள்ள இரு படலங் களுக்கிடையில் அலகுத்திசை வேக வேறுபாட்டைப் பராமரிப் பதற்கு அலகுப் பரப்பில் செயல்படத் தேவையான விசை திரவத்தின் பாகியல் எண் எனப்படும்.

பாகியல் எண் டைன்கள்/ச.செ.மீ. எனும் அலகுகளில் அளக்கப்படும். ஒரு டைன்/ச.செ.மீ. எனும் அளவு இத் துறையில் சிறப்பாகப் பணியாற்றியுள்ள பிரஞ்சு விஞ்ஞானி பாய்சுவிலியின் நினைவாக பாய்ஸ் (Poise) என அழைக்கப் படுகிறது. அதை 'η' எழுத்தால் குறிப்பது வழக்கம்.

இரு திரவங்களின் பாகியல் எண்களை ஒப்பிடுதல்

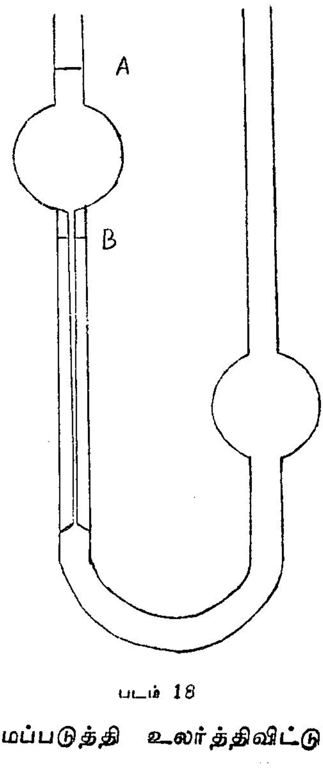
ஒரு திரவத்தின் பாகியல் எண்ணைத் தனியாகக் கண்டு பிடித்தல் கடினம். மேலும் அது தேவையற்றதுமாகும். திரவத்தின் பாகியல் எண், நீரின் பாகியல் எண் ஆகியவற்றின் ஒப்பீட்டு மதிப்பைக் கண்டுபிடித்தல் போதுமானது. நீரின் பாகியல் எண்ணை வைத்துக் கொண்டு மற்றதன் பாகியல் எண்ணை கணக்கிட்டு விடலாம். மருத்துவத் துறையில் நீரின் பாகியல் எண்ணை ஒன்ருக வைத்துக் கொண்டு மற்ற திரவத்தின் ஒப்பீட்டுப் பாகியல் எண்ணைக் கண்டுபிடித்தல் மட்டுமே தேவைப்படும்.

தத்துவம்

ஒரு குறிப்பிட்ட நுண்புழைக் குழாய் வழியே சம பருமனுள்ள சோதனைத் திரவமும், நீரும் கடக்க எடுத்துக் கொள்ளும் நேரங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. திரவங்களின் அடர்த்திகள், நீரின் பாகியல் எண் இவற்றைத் தெரிந்து கொண்டால் சோதனைத் திரவத்தின் பாகியல் எண்ணைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

செய்முறை

இச் சோதனைக்கு ஆஸ்வால்ட் பாகியல்மானி எனும் கருவி பயன்படுகிறது. கருவி முதலில் தூய்மைப்படுத்தப்பட்டு உலர்த்தப்படும். சோதனைத் திரவத்தைக் கருவியினுள் போதுமான அளவு நிரப்பிவிட்டு இடது பக்கம் உறிஞ்சி *'A'* எனும் குறிக்க மேலே திரவ மட்டம் இருக்குமாறு செய்து கொள்ளப்படும். பின்னர் *'B'*க்குக் கீழேயுள்ள நுண்துளைப் பகுதி வழியே திரும்பிச் செல்லுமாறு செய்யவேண்டும். திரவமட்டம் *'A'*யிலிருந்து *'B'*யை அடைவதற்கான நேரம் துல்லியமான கடிகாரம் ஒன்றினுல் கணக்கிடப்படும். கருவியை மீண்டும் தூய்மைப்படுத்தி உலர்த்திவிட்டு



படம் 18

நீரைப் பயன்படுத்தி மேற்கூறியபடியே சோதனை செய்து நேரத்தைக் கண்டுபிடித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

பாகியல் எண், வெப்ப நிலையால் பாதிக்கப்படும். எனவே சோதனை செய்கையில் குழாயை தெர்மோஸ்டாட் அமைப்பில் வைத்து வெப்பநிலை மாருமல் செய்து கொள்ள வேண்டும்.

கணக்கீடு

திரவத்தின் பாகியல் எண் η_1, அடர்த்தி d_1, குழாய் வழியே பாய எடுத்துக் கொண்டநேரம் t_1 விஞடிகள், நீருக்கு இந்த அளவுகள் முறையே η_2, d_2 t_2 எனில்

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1 t_1}{d_2 t_2}$$

η_2-வின் மதிப்பு தெரிந்தால் η_1 ஐக் கணக்கிட்டு விடலாம். 20° Cயில் நீரின் பாக்கியல் எண் 0·01006 பாய்ஸ் ஆகும்.

பாகியல் தன்மையைப் பாதிக்கின்ற அம்சங்கள்

1. வெப்பநிலை

வெப்பநிலை உயரும் திரவத்தின் பாகியல் எண் விரைவாகக் குறைகிறது. ஒவ்வொரு டிகிரி C வெப்பநிலை உயர்விற்கும் இரண்டிலிருந்து மூன்று சதவீதம் வரை பாகியல் எண் குறைகிறது. வெப்பநிலை மாற்றத்திஞல் பாகியல் எண் மாறுகின்ற விதம் $(\log)\ \eta = \frac{A}{T} + B$ எனும் லாகரிதச் சமன்பாட்டிஞல் குறிக்கப்படுகிறது. இதில் 'η' என்பது திரவத்தின் பாகியல் எண், 'T' அதன் தனி வெப்பநிலை, A, B ஆகியவை கொடுக்கப்பட்ட திரவத்திற்கான மாறிலிகள்.

2. கரைப் பொருள்கள் சேர்தல்

கரும்புச் சர்க்கரை போன்ற மின் பகுப்படாத பொருள்கள் சேரும்போது நீரின் பாகு நிலை எண் அதிகரிக்கிறது. ஆஞல் பெருமளவில் அயனிப்பிரிவை அடைகின்ற மின் பகுபடு பொருள்கள் கரையும்போது நீரின் பாகுநிலை எண் குறைந்து விடுகிறது.

3. கூழ்பொருள்களும் தொங்கல் (Suspended) பொருள்களும் சேர்தல்

ஆல்புமின், குளோபுலின்கள், புரோட்டீன்கள் போன்ற கூழ் பொருட்களும், சிவப்பு இரத்த அணுக்கள், வெள்ளை இரத்த

அணுக்கள் போன்ற பரவும் பொருட்களும் நீரின் பாகுநிலை எண்ணை அதிகரிக்கின்றன. பால்போன்ற திரவக் கூழ் பொருட்களில் பரவிய பொருளின் அளவு மிகவும் அதிகமாயிருக்கும் போது பாகியல் எண் அதிகரிக்கிறது. குருதியின் பாகியில் எண் அதன் அலகும் பருமனில் உள்ள இரத்த அணுக்களின் எண்ணிக்கையைப் பொருத்திருக்கிறது.

இரத்தத்தின் பாகியல் தன்மை

உடலிலுள்ள பல்வகைப்பட்ட இரத்த நாளங்களின் வழியே இரத்தம் ஓடுவது அதன் பாகியல் எண்ணையும் பொறுத்துள்ளது. இரத்தத்தில் மின்முற் பகுபடு பொருள்களோடு, பிளாஸ்மா புரோட்டீன்கள், ஆல்புமின்கள், குளோபுலின்கள் போன்ற கூழ் பொருள்களும், சிவப்பு, வெள்ளை இரத்த அணுக்கள் போன்ற பரவிய பொருள்களும் கலந்துள்ளன. கூழ் பொருட்களும், பரவிய பொருட்களும், இரத்தத்தை நீரைவிட 5 மடங்கு அதிக பாகியல் எண்ணுள்ளதாகச் செய்கின்றன. குளோபுலின்கள், ஆல்புமின்களைவிட அதிக அளவில் இரத்தத்தின் பாகியல் எண்ணை அதிகரிக்கின்றன. ஒரு நபரின் தேகநலத்தைப் பொறுத்து இரத்தத்தில் உள்ள கூழ்பொருட்கள், இரத்த அணுக்களின் அளவு மாறுமாதலால், அதன் பாகியல் எண்ணும் மாறுபடும். இரத்தத்தில் கரைந்துள்ள வாயுவின் அளவும் அதன் பாகியல் எண்ணை மாற்றக்கூடும். ஆக்ஸிஜன் இரத்தத்தின் பாகியல் எண்ணைக் குறைக்கிறது. ஆனால் கரியமிலவாயு அதன் பாகியல் எண்ணை அதிகரிக்கிறது. குளோரோபாரம், மார்பைன் போன்ற பொருள்களும் இரத்தத்தின் பாகியல் எண்ணை அதிகரிக்கின்றன.

ஆஸ்பிசியா (Asphyxia) எனும் மூச்சடைப்பு இரத்தில் ஆக்ஸிஜன் அளவு குறைந்து கரியமில வாயு அதிகரிப்பதால் ஏற்படுகிறது. இரத்தத்தில் கரியமில வாயுவின் செறிவு அதிகரிக்கும்போது இரத்த அணுக்கள் பெருத்துவிடுகின்றன. இதனால் இரத்தத்தின் பருமனோடு ஒப்பிடுகையில் பரவிய பொருள்களின் பருமன் அதிகரித்து இரத்தத்தின் பாகியல் எண்ணும் அதிகரிக்கிறது. பலவகை நோய்களின் போது இவ்வாறு நிகழ்கிறது.

உடலில் ஜுரம் ஏற்படுகையிலும், தசைகள் விரைந்து இயங்கும்போதும் இரத்தத்தின் வெப்பநிலை அதிகமாவதால், அதன் பாகியல் எண் குறைகிறது. வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயரும்போது இரத்தத்தின் பாகியல் எண் 2

அல்லது 3 சதவிகிதம் வரை குறைகிறது. இத்தகையச் சூழ்நிலை களில் இரத்தம் சிறிய நாளங்களில் அதிக வேகத்துடன் பாய்கிறது. அதனால் இயக்கின் சுமை குறைகிறது.

ஆர்ட்டெரியோஸ் கிலரோஸிஸின்போது இரத்த நாளங் களின் சுவர்கள் கெட்டிப்பட்டு சுருங்குவதால், மயிரிழைக் குழாய் களின் விட்டம் குறைந்து விடும். அதன் விளைவாக மயிரிழைக் குழாய்களில் இரத்த ஓட்டம் பாகியல் காரணமாகத் தடை செய்யப்படுகிறது. அப்போது மயிரிழைக் குழாய்களில் இரத் தத்தை ஓடச்செய்ய அதிகமாக அழுத்தம் தேவைப்படும். இதனால் இதயத்தின் சுமை அதிகரித்து இரத்த அழுத்த நோய் உண்டாகிறது.

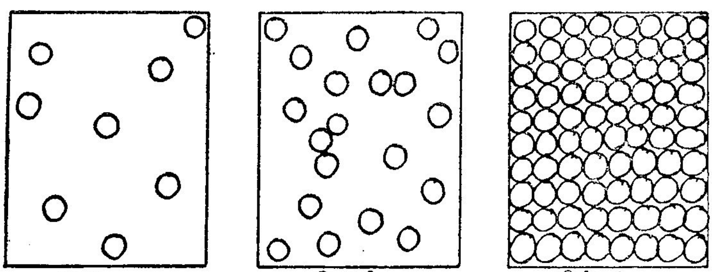
இரத்தத்தின் அடர்த்தி குறைந்தால் அதன் பாகியல் எண் குறைகிறது. அதனால் சிறுநீரகங்களிலுள்ள நாளங்களின் வழி இரத்தம் பாய்வது அதிகரிக்கிறது. அப்போது சிறுநீர் பிரிக்கப் பட்டு வெளியேற்றப்படும்.

செயற்கையாக உடலுக்குள் செலுத்துவதற்குப் பயன்படும் திரவம் முக்கியமாக இயற்கை இரத்தத்திற்குச் சமமான பாகியல் எண்ணுள்ளதாக இருக்கவேண்டும். இரத்த ஒழுக்கின் போது ஏற்படும் இரத்தச் சேதத்தை ஈடு செய்வதற்காக உப்புக் கரைசலை (Saline water) உள்ளே செலுத்தும்போது அதோடு மரகோந்தை (Gum acacia) 6 சதவீதம் கலந்து, அதன் பாகியல் எண்ணை இரத்தத்தின் பாகியல் எண்ணுக்கும் சமமாகும்படி செய்யப்படும். மரகோந்து பாகியல் எண்ணை அதிகரிப்பதோடு நீரையும் தக்க வைத்துக் கொள்ளும் இயல்புள்ளது. இதனால் மயிரிழைக் குழாய்களில் நீர் இழக்கப்படுவது குறைந்து இரத்த அழுத்தம் பராமரிக்கப்படுகிறது. இருந்தாலும் மரகோந்து கலந்த உப்புக் கரைசலை நீடித்துப் பயன்படுத்துவதால் விரும்பத்தகாத பக்க விளைவுகள் ஏற்படுவதாகக் காணப் பட்டிருக்கிறது. இன்னும் சிறப்பான, கேடுவிளைவிக்காத மற்றுப் பொருள்களைக் கண்டுபிடிக்கும் முயற்சிகளின் விளைவாக பெக்டின், விலங்கு ஜெட்டின், ஸ்டர்ஜன், ஹேக் போன்ற மீன்களின் உடலிலிருந்து ஏற்படும் ஜவ்வுப் பொருள்கள் (Isinglass) ஆகியவை இந்த வகையில் பயன் தருபவையாகக் காணப்பட்டுள்ளன.

3. திண்ம நிலை

(Solid State)

வாயு நிலையிலிருந்து திரவநிலைக்கும் அதிலிருந்து திடநிலைக்கும் செல்கையில் பொருளின் இயல்பு சிக்கல் நிறைந்ததாக ஆகிக்கொண்டே போகிறது. ஒரு வாயு, திட, திரவங்களிலிருந்து முற்றிலும் வேறுபட்டதாக உள்ளது. வெப்பநிலை மாற்றங்கள் அதன் அழுத்தத்தையும் பருமத்தையும் பெரிய அளவில் பாதிக்கின்றன. அழுத்தமும் வெப்பநிலையும் சிறிய அளவில் மாறும்போது திட, திரவப் பொருள்களின் பருமன் அவ்வளவாக மாறுவதில்லை. வாயுக்களை எளிதாக அழுத்திச் சுருங்கச் செய்யலாம். ஆனால் திட, திரவப் பொருட்களை உயர்ந்த அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்தியும் மிகமிகச் சிறிய அளவிலேயே சுருங்க வைக்கமுடிகிறது. வாயுக்களில் காலியிடம் அதிகமாக இருக்கிறது; திரவங்களில் மிகக் குறைந்த காலியிடமே உள்ளது. திடப்பொருட்களில் அணுக்களும், மூலக்கூறுகளும் வரிசையாக, ஒழுங்கான முறையில் நெருக்க



வாயு திரவம் திண்மம்

படம் 19

மாக அடைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே திண்மங்கள் விறைப்பானவை; குறிப்பிட்ட உருவமுள்ளவை. அவற்றிலுள்ள

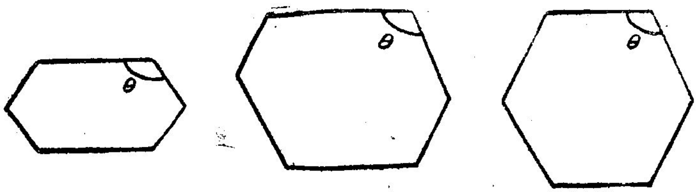
மூலக்கூறுகள், படிக அணிக்கோவை (Crystal lattice) யில் குறிப்பிட்ட புள்ளியில் சிறிய அளவில் அதிர்வு செய்து கொண்டிருக்கும். திரவங்களில் மூலக்கூறுகளின் இயக்கம் ஒரு வரம்புக்குட்பட்டது. ஆனால் வாயுவில் மூலக்கூறுகள் விருப்பப்படி இயங்கும்.

திண்மங்கள் (Solids)

உண்மையான எல்லாத் திண்மங்களும் படிகக்கட்டமைப் புள்ளவையாகும். ஒரு படிகத்திற்கு நிச்சயமான வடிவமும், தட்டையான பக்கங்களும் கூரிய முனைகளும் இருக்கும். அதிலுள்ள அணுக்களும், மூலக்கூறுகளும், அயனிகளும் சீரான, ஓர் ஒழுங்குட்பட்ட வகையில் அடுக்கப்பட்டிருக்கும். இவ்விதமாக அமையாத மற்ற பொருள்கள் படிக உருவற்ற (amorphous) பொருள்கள் எனப்படும். கண்ணாடி, பிட்ச் (தார்) போன்றவைகள் படிக உருவற்ற பொருள்களுக்கு எடுத்துக் காட்டுகள். ஆனால் அவை திண்ம நிலையை இன்னும் எட்டவில்லை என்பதும், திடநிலைக்கும் திரவ நிலைக்கும் இடைப்பட்ட ஒரு நிலையில் - மிகு குளிர்விக்கப்பட்ட திரவநிலையில் - உள்ளன என்பதும் இப்போது தெரிய வந்துள்ளது. அவற்றினுள்ளிக்கும் மூலக்கூறு கட்டமைப்பு ஒழுங்குட்பட்டதாயிருந்தால் கூட, அறைகுறையாக முற்றுப்பட்ட நிலையில்தான் இருக்கும். அவற்றின் வெளி உருவம் ஒழுங்காயிருக்காது. இதன் காரணமாகவே படிக உருவற்ற பொருள்களை உண்மையான திடப் பொருள்களாகக் கருதுவதில்லை. மேலும் படிகங்களுக்குக் கூரான விளிம்புகளும், குறிப்பிட்ட உருகு நிலைகளும் உண்டு. படிக உருவமற்ற பொருள்களை சூடாக்கினால் அவை மென்மையாகிப் பின்னர் பரவலான பல வெப்பநிலைகளில் உருகும்.

ஒரு பொருளின் படிகங்கள், அவற்றின் அளவும், முகங்களும் எப்படியிருந்தாலும் சரி, ஒரே மாதிரியாக இருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் அதன் முகங்களுக்கிடையிலுள்ள கோணம் அப்பொருளின் எல்லாப் படிகங்களிலும் சமமாக இருக்கும். எனவே ஒரு திடப்பொருளின் படிக உருவம் முகவிடைக் கோணத்தை மட்டுமே பொறுத்துள்ளது. படத்தில் உருவம் எப்படியிருந்தாலும் முகவிடைக் கோணம் ஒன்றாயிருப்பதைக் காண்க.

ஒரு சில குறிப்பிட்ட தளங்களில் மட்டுமே பிளவுறுதல் அல்லது வெட்டுப்படுதல் படிகங்களின் மற்றொரு சிறப்பியல்பாகும்.



படம் 20

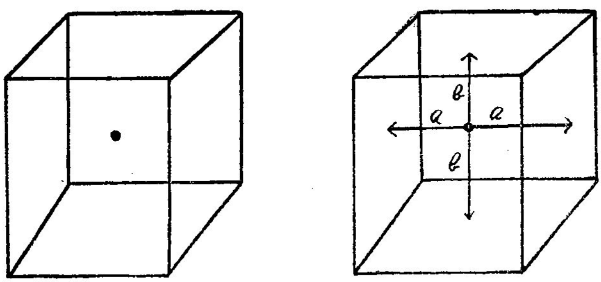
மிகவும் கடினமான படிகமான வைரத்தைக்கூட அதன் பிளவுறு தளத்தில் (cleavage) எளிதாகப் பிளந்து விடலாம்.

படிக உருவில் சமச் சீர்மை (Symmetry)

படிகங்கள் பலவகையான சமச்சீர்மைகளைக் காட்டுகின்றன. இவை உருகுநிலை, முகவிடைக் கோணம், வெட்டுத் தளம் ஆகியவற்றை நிர்ணயிக்கின்றன. படிகங்களை மூன்று வகையான சமச்சீர்மைகளின் அடிப்படையில் மூன்று குழுக்களாகப் பிரிக்கலாம்.

(a) **சமச்சீர்மை மையம்** (Centre of Symmetry) :

ஒரு படிகத்தின் சமச்சீர்மை மையம் என்பது படிகத்தின் எதிரெதிர் முகங்களுக்கிடைப்பட்ட மையப்புள்ளியாகும். அதன்

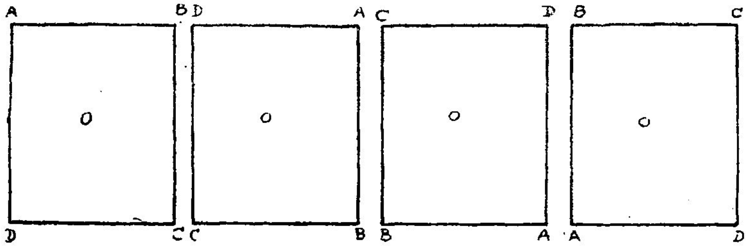


படம் 21

வழியாக ஒரு கோட்டை வரைந்தால் அக்கோடு மையத்தின் இரு புறங்களிலும் சமமான தொலைவில் படிகத்தின் முகங்களைத் தொடும். படத்தில் ஒரு கனசதுரப் படிகத்தின் சமச்சீர்மை மையம் காட்டப்பட்டுள்ளது. படிகத்தின் எதிரெதிர் முகங்கள் அதிலிருந்து சமதூரத்தில் அமைந்துள்ளன என்பதைக் காணவும்.

(b) *சமச்சீர்மை அச்சு* (Axis of Symmetry) :

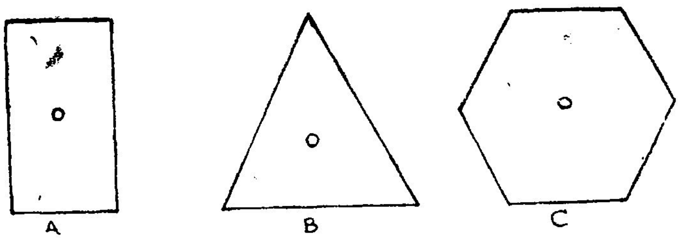
படிகத்தை அதன் மையத்தின் வழியே செல்லும் ஒரு குறிப்பிட்ட கோட்டைச் சுற்றிச் சுழற்றும்போது அதன் முகங்களும், முனைகளும், விளிம்புகளும் ஒரு முழுச் சுற்றுக்குள் பலமுறை வடிவொத்த நிலைகளில் அமையுமானால் அந்தக்கோடு படிகத்தின் சமச்சீர்மை அச்சு எனப்படும். படத்தில் ஒரு கனசதுரப்



படம் 22

படிகத்தின் குறுக்குத் தோற்றம் காட்டப்பட்டுள்ளது. அது 'O' எனும் புள்ளி வழியே செல்லும் ஒரு கோட்டைச் சுற்றிச் சுழற்றப்படுகிறது. படிகம் 90° திரும்பிய பின்னர் படிகத்தின் தோற்றம் அல்லது நிலை துவக்கத்திலிருந்ததை ஒத்திருப்பதைக் கவனிக்கவும். இத்தகைய படிக அச்சு டெட்ராடு (நான்மடி) அச்சு எனப்படும்.

படம் *A*-ல் படிகம் 180° சுழற்றப்பட்ட பின்னரே அதன் உருவம் துவக்கநிலையை ஒத்திருக்கிறது. எனவே இது டயாடு (இருமடி) அச்சுள்ள படிகம்.



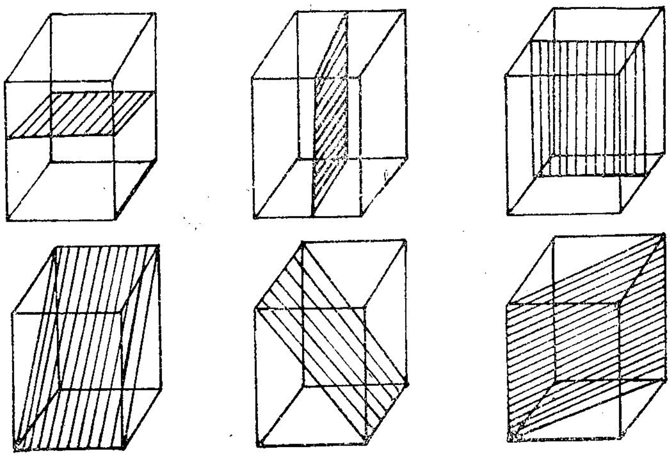
படம் 23

படம் *B*-ல் படிகம் 120° சுழற்றப்பட்டால் துவக்க உருவம் மீண்டும் தோன்றுகிறது. எனவே இது ட்ரயாடு (மும்மடி) அச்சுள்ள படிகமாகும்.

படம் C-ல் படிகம் 60° சுழற்றப்பட்டால் துவக்க உருவம் மீண்டும் தோன்றுகிறது. எனவே இது ஹைக்சாய்டு (அறுமடி) அச்சுள்ள படிகமாகும். ஒரு படிகத்திற்கு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட சமச்சீர்மை அச்சுக்கள் இருக்கக்கூடும்.

(c) *சமச்சீர்மைத் தளம்* (Plane of Symmetry)

ஒரு படிகத்தை ஒரு தளத்தினால் இருசம பகுதிகளாகப் பிரிக்கும் போது இரு பகுதிகளும் ஒன்றுக்கொன்று பிரதி பிம்பங்கள்போல அமையுமானால், அந்தத்தளம் சமச்சீர்மைத் தளம் எனப்படும். தளத்தை ஆடியாகக் கருதுவோமானால் ஒரு பகுதி மற்றதன் பிம்பம்போல உருவுள்ளதாயிருக்கும் ஒரு படிகத்திற்கு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட சமச்சீர்மைத் தளங்கள் இருக்கலாம். படங்கள் கனசதுரப் படிகங்களில் இருக்கக்கூடிய சமச்சீர்மைத் தளங்களைக் காட்டுகின்றன. முதல் மூன்று படங்களில் மூன்று சதுரத் தளங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. அவை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கின்றன.



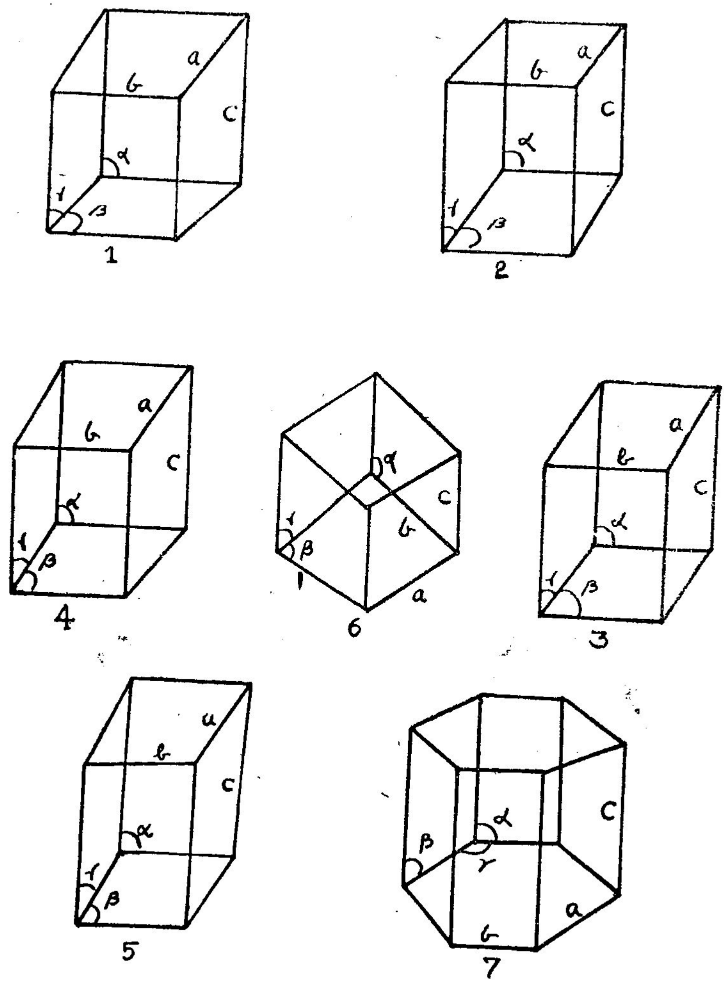
படம் 24

மற்ற படங்களில் மூலை விட்டத் தளங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. அவை கனசதுரத்தின் மூலைவிட்டங்களின் வழியே செல்கின்றன.

இம்மூன்று சமச்சீர்மைகளில்லாத சில படிகங்களும் உண்டு.

படிகங்களை வகைப்படுத்தல் (Classification of Crystals)

சமச்சீர்மைகளைப் பொறுத்து எல்லாவிதமான படிகங்களும் ஏழு வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. இம்மாதிரி வகைப் படுத்தல் படிகத்தின் வெளி உருவைப் பொறுத்து செய்யப்பட



படம் 25

வில்லை. பின்வரும் அட்டவணையில் இந்த ஏழுவகைப் படிகங்களின் சிறப்பியல்புகள் தரப்பட்டுள்ளன. இதில் படிக அச்சு

களை a,b,c, ஆயக்கோடுகளின் மேல் அமைந்துள்ளதாகக் கொள்வோம். அவற்றிற்கிடையிலுள்ள கோணங்கள் α, β, α எனக் குறிக்கப்படும்.

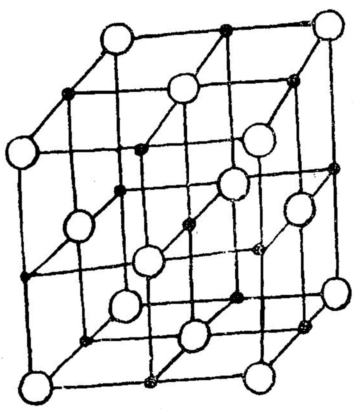
	வகை (1)	படிக அச்சின் நீளம் (2)	படிக அச்சின் அமைப்பு (3)	எடுத்துக் காட்டுகள் (4)
1	கன சதுரம்	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	NaCl, Cu, CaO முதலியன
2	நாற்கோணம்	$a = b \neq c$	$\alpha \quad \beta = \gamma = 90°$	SnO_2, Sn, TiO_2 முதலியன
3	சாய் சதுரம்	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	HgI_2, I_2, K_2SO_4 S (சாய் சதுரம்) முதலியன
4	ஒற்றைச் சரிவு (monoclinic)	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq 90°$ $\beta = \gamma = 90°$	$KClO_3$, S (ஒற்றைச் சரிவு) முதலியன
5	முச்சரிவு (Triclinic)	$a \neq b - c$	$\alpha \neq \beta \neq \beta \neq 90°$	$CuSO_4$, $5H_2O$ $K_2Cr_2O_7$ முதலியன
6	ராம்பாஹீட்ர (முக்கோண)	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$	Al_2O_3, $NaNO_3$, $CaCO_3$ முதலியன
7	அறுகோணம்	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = 90°$ $\gamma = 120°$	Zn, HgS, SiO_2 (குவார்ட்ஸ்) முதலியன

மேற்கண்ட ஏழுவகையான படிகங்களும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

அணிக் கோவைகள் (Crystal lattice)

ஒரு படிகத்தை உடைத்துத் தூளாக்கினுல் அதன் வெளி வடிவம் அழிக்கப்பட்டுவிட்டாலும், துகள்கள் படிகக் கட்டுமான முள்ளவையாகவே இருக்கும். ஒரு படிகம் அதன் பிளவுறு தளங்களிலேயே பிளவடையும் என முன்னர் கண்டோம். ஆபி ஹாய் (Abbe Hauy) என்பார் ஒரு பெரிய படிகத்தை அதன்

பிளவுறு தளங்களிலேயே பிளந்து கொண்டு போனால் கிடைக்கின்ற எல்லாத் துகள்களும் பெரிய படிகத்தின் உருவத்திலேயே உள்ளன எனக் கண்டுபிடித்தார். அவ்வாறு பிளந்து கொண்டே போனால் இறுதியில் அடிப்படை அமைப்பான அலகுக்கூட்டைப் (Unit cell) பெறலாம். அதுவும் பெரிய படிகத்தின் உருவத்தையே பெற்றிருக்கும். அலகுக் கூட்டில் மூலக்கூறுகளும், அணுக்களும், அயனிகளும் உள்ளன. இந்த அலகுக் கூடுகளையெல்லாம் ஓர் ஒழுங்கான முறையில் அமுக்கி உழுவாக்கப்பட்ட பொருளாகவே படிகம் கருப்படுகிறது. அதாவது படிகத்தில் குறிப்பிட்ட இடைவெளிகளில் ஒரே மாதிரியான அணுக்குழுக்கள் திரும்பத் திரும்ப அமைந்துள்ளன. இத்தகைய அணுக் குழுக்களின் மையங்கள் அமைந்துள்ள ஒழுங்கமைப்பு வெளி அணிக் கோவை (Space lattice) எனப்படுகிறது. மேலும் அணிக் கோவையிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியைச் சுற்றியும் உள்ள அமைப்பு, எல்லா புள்ளிகளுக்கும் ஒரேமாதிரி அமைந்துள்ளது. எடுத்துக் காட்டாக கனசதுர வகையைச் சேர்ந்த சோடியம் குளோரைடு படிகத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். இதில் சோடிய அயனிகளின் அணிக் கோவையும் குளோரின் அயனிகளின் அணிக் கோவையும் உள்ளன. ஒவ்வொரு சோடிய அயனியும், சமச் சீர்மையாக ஆறு குளோரின் அயனிகளால் சூழப்பட்டுள்ளது. அதேபோல ஒவ்வொரு குளோரின் அயனியும் ஆறு சோடிய அயனிகளால் சூழப்பட்டுள்ளது. இவ்விரு அணிக் கோவைகளும் ஒன்றுக்குள் ஒன்று அமைந்த போது சோடியம் குளோரைடு அணிக்கோவை உருவாகியுள்ளது. இந்த ஒழுங்கமைப்பு திரும்பத் திரும்ப படிகத்தின் வெளிப் பரப்புவரை அமைக்கப்பட்டுள்ளது. சோடியம் குளோரைடு படிகத்தின் உள்ளமைப்பைப் படத்தில் காணலாம்.

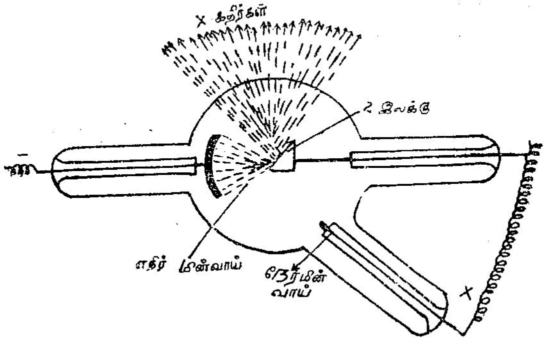


படம் 26

எக்ஸ்கதிர்களும் படிகக் கட்டமைப்பும் (Crystal Structure)
எக்ஸ்கதிர்கள் (X-rays)

1895ம் ஆண்டு எலக்ட்ரான்களாலான எதிர்மின்வாய்க்கதிர்கள் (Cathode rays) உலோகங்களில் மேல் விழும்போது எக்ஸ்

கதிர்கள் எனும் புதிய கதிர்வீச்சு வெளியாவதை ராண்ட்ஜன் கண்டுபிடித்தார். எதிர் மின்வாய்க் கதிர்களின் பாதையில் உறுதியான உலோகத்தாலான இலக்கை வைத்து எக்ஸ் கதிர்களை எளிதாக உண்டாக்கலாம். நேர்மின்னூட்டப்பட்ட அந்த இலக்கிலிருந்து எக்ஸ் கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன. இக்கதிர்



படம் 27

கள் எதிர் மின்வாய்க் கதிர்களைவிட அதிக அளவில் ஊடுருவிச் செல்லும் தன்மை உள்ளவை. சாதாரன ஒளியைத் தடுத்து நிறுத்திவிடுகின்ற மரம், துணி, போன்ற பொருள்களையும் கண்ணாடியையும் அவை ஊடுருவி இலகுவாகக் கடந்து செல்கின்றன. காரீயம் போன்ற அடர்வு மிக்க உலோகங்களே அவற்றைத் தடுத்து நிறுத்த முடியும்.

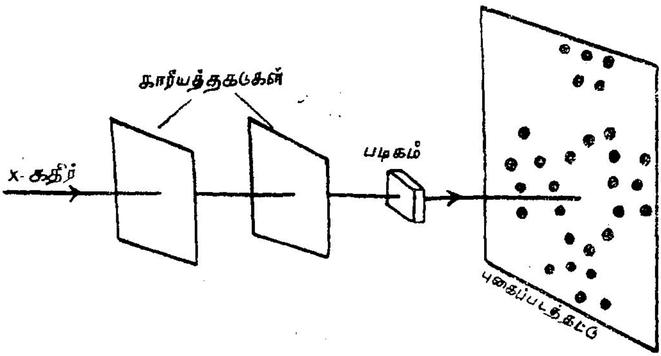
எக்ஸ் கதிர்கள் கருப்புத்தாளில் மூடிப்பாதுக்காகப்பட்டுள்ள போட்டோத் தகடுகளில் கூட கறை ஏற்படுத்கின்றன. துத்தநாக சிலிகேட் அல்லது பேரியம் பிளாடினோ சுயனைடு போன்ற உப்புகளின் மேல் எக்ஸ் கதிர்களைச் செலுத்தினால் அவை ஒளிரத் துவங்குகின்றன. வாயுக்களின் வழியாக எக்ஸ் கதிர்கள் செல்லும்போது வாயுக்கள் அயனிப்பிரிகை அடைந்து மின்னோட்டத்தைக் கடத்தக் கூடியவையாகிவிடுகின்றன. எக்ஸ் கதிர்களை காந்தப் புலமும், மின்புலமும் பாதிப்பதில்லை. எனவே அவை மின்னூட்டமுள்ள துகள்களாலானவையல்ல. அவை ஒளியையொத்த மின்காந்த அலைகளாகும். ஆனால் அவற்றின் அலைநீளம் 10^{-8} செ.மீ. அளவில், ஒளியைவிடக் குறைந்ததாயுள்ளது. படிகக் கட்டமைப்பை ஆராய்ந்துணர எக்ஸ் கதிர்கள் பெருமளவில் உதவி செய்கின்றன.

படிகப் பகுப்பு ஆய்வு முறைகள் (Grystall ography)

படிகங்களில் அணுக்களுக்கிடையிலுள்ள தொலைவுகளும் எக்ஸ் கதிர்களின் அலைநீளங்களும் 10^{-8} செ.மீ. அளவிலேயே அமைந்துள்ளன. இதனால் எக்ஸ் கதிர்களை விளிம்பு விலகல் செய்வதற்குப் படிகங்களைக் கீற்றணிகளாப் பயன்படுத்தலாம் என உணரப்பட்டுள்ளது. இந்தத் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்திப் படிகங்களின் உள்ளமைப்புகளை ஆராய்வதற்கான வழி முறைகள் காணப்பட்டுள்ளன.

(a) **லவே முறை** (Lave Method)

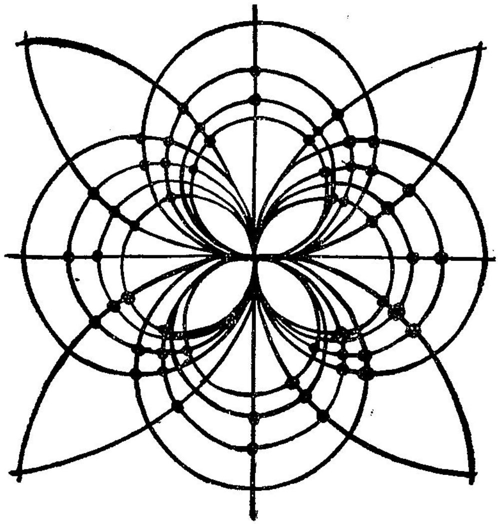
சுமார் 2 மி.மீ.க்கு மேற்பட்ட பரிமாணங்களுள் படிகங்களைச் சோதிப்பதற்கு இம்முறை ஏற்றது. இச் சோதனை அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டது போலிருக்கும். இம்முறையில் படிகம் அசையாமல் பொருத்தி வைக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 28

ஓர் எக்ஸ் கதிர் கற்றையை காரீயப் பாளங்களிலுள்ள சிறு துளைகள் வழியே செலுத்தி மெல்லியதாக்கிப் பின்னர் அதையொரு படிகத்தின் மேல் விழுமாறு செய்யப்படும். எக்ஸ் கதிர்கள் படிகத்தில் விளிம்பு விலகலுக்கு ஆளாகிப் பின்னர் ஒரு போட்டோ தகட்டின் மேல் விழும். படிகத்தின் இயல்புக்கேற்ப ஒரு புள்ளிக்கோலம் போட்டோத் தகட்டில் உருவாகிறது. படத்தில் இந்துப்புப் படிகத்தினால் ஏற்படுகின்ற புள்ளிக் கோலம் காட்டப்பட்டுள்ளது. கரும்புள்ளிகள் காரீயத் தகட்டிலுள்ள சிறு துளையின் பிம்பங்களாகும். அவற்றை இணைத்தால் அப் புள்ளிகளில் வெட்டிக் கொள்கின்ற பலவட்டங்கள் கிடைக்கும். இந்த வட்டங்களின் ஆரங்கள் அணிக் கோவைத் தளங்களுக்கு

(Lattice plane) இடையிலுள்ள தொலைவுகளைப் பொறுத்திருக்கும் புள்ளிக் கோலம் சமச்சீர்மையுடன் இருப்பதை இவ்வட்டங்கள் காட்டுகின்றன.



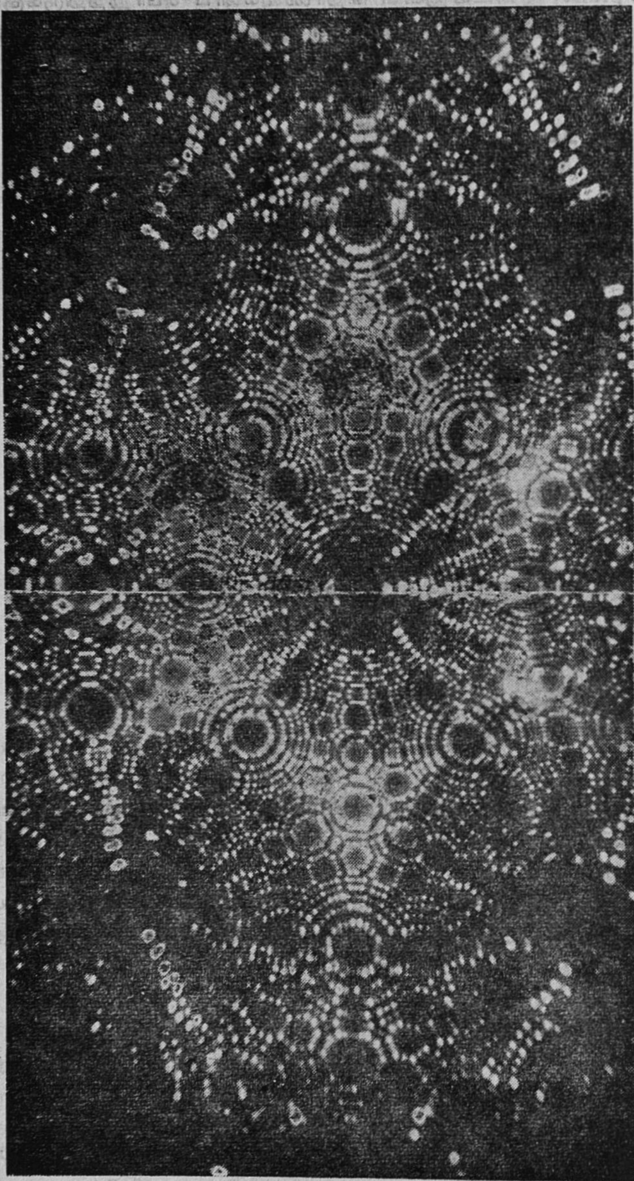
படம் 29

பிராக் (Bragg) முறை

இம்முறையில் படிகம் மெல்லச் சுழற்படுகிறது. மேலும் இதில் படிகம் பிரதிபலிப்புக் கீற்றணியாகச் செயல்படும். இதற்குப் பயன்படும் கருவி பிராக் எக்ஸ் கதிர் நிறமாலை மானி எனப்படுகிறது. பிரதிபலிக்கப்பட்ட கற்றை ஒரு கதிர் வீச்சுக் காட்டியின் உட்செலுத்தப்படும். பெருமமான பிரதிபலிப்பு எந்தப் படுகோணத்தில் ஏற்படுகிறது என்பது கண்டுபிடிக்கப் படும். இந்தக் கோணத்திலிருந்து படிகத்தில் உள்ள அணுத் தங்களுங்கிடையிலான தொலைவைக் கணக்கிடலாம்.

(b) தூள் முறை (Powder method)

பொருள் தூளாக இருக்கும்போது டீபை, ஷெரர், ஹல் ஆகியோர் உருவாக்கிய முறையைப் பயன்படுத்தலாம். ஒரு மெல்லிய சுவருள்ள கண்ணாடிக் குழாயில் தூள் நெருக்கமாக அடைத்து வைக்கப்படும். அதன் வழியே ஒரு மெல்லிய எக்ஸ் கதிர் கற்றையைச் செலுத்தி வெளிவருகின்ற விளிம்பு விலக லான கற்றையை ஒரு போட்டோத் தகட்டின் மேல் விழச்



படம் 29A
டங்ஸ்டன் படிகத்தின் லவே படம்

செய்யப்படும். துகள்கள் அமைந்திருக்கின்ற விதத்தால், விளிம்பு விலகல் கோலம் வரிசையான வட்டங்களில் அமைந்துள்ள வரிசையான புள்ளிகளாகத் தோன்றும். இந்தப் பாங்கிலிருந்தும் படிகக் கட்டமைப்பைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

படிகங்களின் வடிவ ஒற்றுமை (Isomorphism)

1819-ல் மிட்ஸ் ஷரலிஷ் என்பார் ஒரே மாதிரியான ஆக்கக் கூறுகளுள்ள கூட்டுப் பொருள்களின் படிகங்கள் உருவத்தில் ஒத்திருக்கின்றன எனக் கண்டுப்பிடித்தார். இதிலிருந்து படிகங்களின் உருவ ஒற்றுமை விதி உருவாகக்கப்பட்டுள்ளது.

"சம எண்ணிக்கையிலுள்ள அணுக்கள் ஒரே மாதிரியாகப் பிணைந்து உருவாகியுள்ள பொருள்களின் படிகங்களின் உருவமும் ஒரே மாதிரியாக இருக்கும்."

இவ்விதியைப் பயன்படுத்தி சில மூலகங்களின் அணு எடைகளையும், சில கூட்டுப் பொருள்களின் ஆக்கக்கூறு அளவுகளையும் கண்டுபிடிக்கலாம். ஆனால் படிக உருவமுள்ள பொருள்களுக்கு மட்டுமே இம்முறை பயன்படும் இந்த விதியின் பயன் அதிகமில்லை. ஏனெனில் ஒத்த உருவமுள்ள படிகங்களிலேயே சிலவற்றில் அணுக்களின் எண்ணிக்கை மாறியிருக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக, அம்மோனியப் படிகாரம் [$(NH_4)_2$ SO_4 Al_2 $(SO_8)_4$ 24 H_2O], பொட்டாஷ் படிகாரம் [K_2SO_4 AL_3 $(SO_4)_8$ 24H_2O].

வடிவமொத்த படிகங்களுக்கு பொட்டாஷியம் சல்பேட்டும் பொட்டாஷியம் செயனேட்டும், துத்தநாக சல்பேட்டும் மக்னீஸியம் சல்பேட்டும் போன்றவைகள் எடுத்துக் காட்டுகளாகும்.

சமீபகாலத்தில் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் எந்த இரு பொருள்களின் படிகங்களும் உருவத்தில் முற்றிலுமாக ஒத்திருக்கவில்லை எனக் காட்டுகின்றன. படிகக் கோணங்களாவது நுண்ணிய அளவில் வேறுபட்டிருக்கும். எனவே படிகங்களின் வடிவ ஒற்றுமை, வேதியல் இயல்புகள் ஒத்திருப்பதால் தோன்றுவதில்லை. ஆனால் படிகங்களிலுள்ள கட்டமைப்பு ஒத்திருப்பதால் தோன்றுகின்றன என்று இப்போது கருதப் படுகிறது.

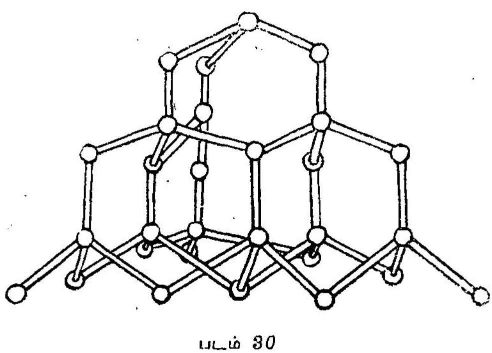
படிகப் பல்லுருவங்கள் (Polymorphism)

பல பொருள்களுக்கு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட படிக உருவங்கள் உள்ளன. இந்நிகழ்ச்சி பல்லுருவ அமைப்பு எனவும் அந்த உருவங்கள் பல்லுருவங்கள் (Polymorphs) எனவும் சொல்லப் படும். மூலகங்களின் பல்லுருவ அமைப்பைக் குறிக்க புற வேற்றுமை (Allotropy) என்ற சொல் பயன்படுகிறது. இது எல்லாவிதமான பொருள்களுக்கும் பொருந்துவது. ஆனல் பல்லுருங்கள் என்ற சொல் படிகங்களுக்கு மட்டுமே பொருந்து வது. கந்தகம், வைரம், கிராபைட், அமோனியம் குளோரைடு ஆகிய பொருள்கள் பல்லுருவமுள்ள படிக வகையைச் சேர்ந்தவையாகும்.

பல்லுருவ அமைப்பு படிகக் கட்டமைப்பில் வேறுபாடு இருப்பதால் தோன்றுகிறது. ஒரே மாதிரியான இரசாயன உறுப்புகளின் அணிக்கோவை அமைப்பு மாறுபடும்போது ஒரே பொருளுக்கு வெவ்வேறு உருவமுள்ள படிகங்கள் ஏற்படு கின்றன. வைரமும், கிராபைட்டும் வெவ்வேறு உருவமுள்ள கார்பன் படிகங்கள் அவற்றின் அமைப்பைக் கவனித்தால் மேலே கூறப்பட்டது தெளிவாகும்.

வைரம்

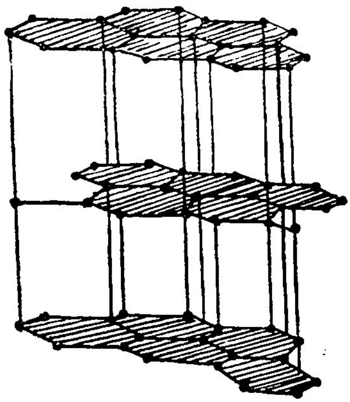
வைரத்தில் ஒவ்வொரு கார்பன் அணுவும் நான்கு கார்பன் அணுக்களுடன் சீரான நான்முக வடிவமைப்பில்



படம் 30

இணைக்கப்பட்டுள்ளது என அறியப்படுகிறது. காாபன் அணுக் களின் இரு பிணைப்புகளிடையேயுள்ள கோணம் 109° 28′ ஆகும். இது சாதாரணமாக கார்பன்-கார்பன் பிணைப்பு

களிடையே இருக்கும் கோணத்திற்குச் சமமாக உள்ளது. எனவே வைரப் படிகத்தில் கார்பன் அணுக்கள் சகபிணைப்புகளினால் இணைக்கப்பட்டு சீரான முறையில் புறவெளியில் அமைந்திருக்க வேண்டுமென்பது தெளிவாகிறது.



படம் 31

வைரப் படிகத்தில் இரு அணுக்களிடையேயுள்ள தூரம் 1·54°A இது கரிமச் சேர்மங்களில் C-C பிணைப்பின் இயல்பான தொலைவாகும். மேலும் வைரப் படிகத்தில் பிணைப்புகளின் ஆற்றல் கரிமச் சேர்மங்களிலுள்ள C-C பிணைப்பு ஆற்றலுடன் மிகவும் ஒத்துள்ளது. இந்த ஆற்றல் மிகவும் கணிசமாக இருப்பதும், எல்லாக் கார்பன் அணுக்களும் சமமான வலிவுடன் இணைந்து ஒரு பெருமூலக்கூறாக (macro molecule) இருப்பதும் வைரத்தின் கடினத்தையும் எளிதில் ஆவியாகாத தன்மையையும் விளக்கும். வைரத்தின் கடினத்திற்கு அதிலுள்ள கார்பன் அணுக்கள் அவற்றின் இயல்பான கோணத்தை $(109^{\circ}\ 28^{1})$ மாற்றிக் கொள்ள விரும்பாமல் காட்டுகிற தடையும் ஒரு காரணமாக இருக்கலாம். இது முகப்பு மைய (face centred) கன சதுர அமைப்பைப் பெற்றுள்ள படிகத்திற்கு எடுத்துக் காட்டாகும். வைரத்தின் படிகக் கூட்டில் அணுக்களே உள்ளன. ஆகவேதான் வைரம் மிகவும் கடினமான பொருளாக இருந்தபோதிலும் நொறுங்கக்கூடியதாக இருக்கிறது. மேலும் வைரம் முழுமையான மின்கடத்தாப் பொருளும், சிறந்து வெப்ப அரிதிற் கடத்தியாகும்.

கிராபைட் (Graphite)

வைரத்தைப் போலவே கிராபைட்டிலும் ஒவ்வொரு கார்பன் அணுவும் நான்கு கார்பன் அணுக்களுடன் இணைந்துள்ளது. ஆனால் ஒரு பிணைப்பு மற்ற மூன்று சக பிணைப்புகளிலிருந்து மாறுபட்டிருக்கிறது. சக பிணைப்பினால் பிணைக்கப்பட்ட அணுக்கள் ஒரே தளத்தில் உள்ளன. ஒரே தளத்திலுள்ள கார்பன் அணுக்கள் படத்தில் காட்டியுள்ளது போல அறுகோண அமைப்புடன் காணப்படுகின்றன. அறுகோண அமைப்புகளைக் கொண்ட

ஒரு தளம் அதே போன்ற மற்ெறாரு தளத்துடன், தளங்களிலுள்ள ஒவ்வொரு கார்பனுடைய நான்காவது வலுக்குறைந்த பிணைப்புகளினால் இணைந்துள்ளது. இணையாக இருக்கும் இதுபோன்ற தளங்களுக்கு இடையேயுள்ள தூரம் 3·4 A° ஆகும். ஆனால் ஒரே தளத்தில் அருகாமையிலுள்ள இரு கார்பன் அணுக்களிடையேயுள்ள தூரம் 1·42 A° இதனால் முன்னதில் அதாவது இணையாக உள்ள தளங்களுக்கு இடையேயுள்ள பிணைப்புகள் வலுக்குறைந்த விசைகளால் உண்டானதாக இருக்க வேண்டும். இது கிராபைட்டின் மிருதுத்தன்மையையும், உயர்வுத் தன்மையையும் விளக்குகிறது. மேலும் வேறுபட்ட தளங்களில் காணப்படும் அணுக்களிடையே இருக்கும் பிணைப்புகள் உலோகத் தன்மையுள்ளவை. இதனால் கிராபைட் சிறந்த மின் கடத்தியாகவும், வெப்பம் கடத்தியாகவும் உள்ளது.

பல்லுருவப் படிகங்களை ஒரு உருவத்திலிருந்து இன்னொரு உருவத்திற்கு சில சமயம் மாற்ற முடியும். சாய் சதுரப் படிக உருவுள்ள கந்தகத்தை 96°க்கு மேல் சூடாக்கினால் ஒற்றைச் சரிவு அச்சுப் படிகம் கிடைக்கிறது. இம்மாற்றத்தை எதிர்த் திசையில் நிகழ்த்தக் கூடுமானால் அது இருதிசை உருமாற்றம் (enantiotropic) எனப்படும். வைரத்தைச் சூடாக்கி கிராபைட்டாக மாற்றுவது போன்ற எதிர்த் திசையில் நிகழ்த்த முடியாத மாற்றங்கள் ஒருதிசை உருமாற்றம் (monotropic) எனப்படும்.

4. கரைசல்கள்

(Solutions)

உப்பு அல்லது சர்க்கரை போன்ற திடப் பொருட்களை நீரில் இட்டால் அது கண்ணுக்குப் புலப்படாமல் போகிறது. அப்போது அது கரைந்து விட்டதாகச் சொல்லப்படும். அதன் விளைவாக ஏற்பட்ட கலவை கரைசல் எனப்படும். அது ஒரு படித்தான இயல்புள்ளது. எனவே கரைசல் என்பது இரண்டுக்கு மேற்பட்ட பொருள்களின் ஒரு படித்தான கலவை என்றும் சொல்லலாம். கரைசலில் பெரும்பாலானதாக இருக்கும் பொருள் கரைப்பான் எனப்படும். கரைந்த பொருள் கரை பொருள் எனப்படும். நீரையும் அசெடிக் அமிலத்தையும் கலக்கும் போது நீரின் அளவு அதிகமாயிருந்தால் அதை அமிலம் நீர்க்கலந்த கரைசல் எனவும், அசெடிக் அமிலத்தின் அளவு அதிகமாயிருந்தால் அதை நீர்கலந்த அமிலக் கரைசல் எனவும் சொல்வது வழக்கம்.

கரைசல் என்பது திட உருவிலோ, திரவ உருவிலோ அல்லது வாயு உருவிலோ இருக்கலாம். கரைசல்களில் முக்கியமான மூன்று வகைகளாவன :

(1) திடப்பொருள்கள் திரவத்தில் கரைந்தவை.

(2) திரவங்கள் திரவத்தில் கரைந்தவை.

(3) வாயுக்கள் திரவத்தில் கரைந்தவை.

திரவத்தில் திடப்பொருள்களின் கரைசல்கள்

பொட்டாஷியம் நைட்ரேட் போன்ற ஒரு பொருளை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு நீரில் கரைத்தால் ஒரு கரைசல் கிடைக்கிறது. அதிலேயே இன்னும் சிறிது பொட்டாஷியம் நைட்ரேட்டைச் சேர்த்தால் அதுவும் கரைந்துவிடுகிறது. இவ்வாறுன கரைசல்

தெவிட்டாத கரைசல் எனப்படும். வெப்பநிலையை மாருமல் வைத்துக் கொண்டும் கரைசலைக் கலக்கில் கொண்டும் சிறிது சிறிதாகக் கரை பொருளைச் சேர்த்து கொண்டே போனால், கரைசலில் கரையக்கூடிய பொருளின் அளவிற்கு ஒரு மேல் வரம்பு உள்ளத்தைக் காணலாம். அதற்குமேல் சேர்க்கப்படுகின்ற கரைபொருள் கரையாமல் அடியில் தங்கி விடுகிறது. இப்போது கரைசல் சோதனை செய்கையில் உள்ள வெப்பநிலையில் தெவிட்டிய நிலையை அடைந்து விட்டதாகச் சொல்லப்படும். வெப்பநிலை உயராமலும், கரைப்பான் ஆவியாகாமலும் உள்ளவரை அடியில் மீதமாகித் தங்கியுள்ள கரைபொருள் அப்படியே மாற்றமின்றி இருக்கும். அப்போது கரைசலும், கரைபொருளும் சமநிலையில் இருக்கின்றன. ஒரு திரவம், ஒரு கரை பொருளைப் பொறுத்தவரை தெவிட்டிய நிலையை அடைந்து விட்டாலும், இன்னொரு கரைபொருளைக் கரைக்க முடியும்.

சோடியம் தயோசல்பேட் ($Na_2 S_2 O_3 . 5H_2O$) போன்ற ஒரு பொருளை ஒரு சோதனைக் குழாயில் எடுத்துக் கொண்டு, குழாயின் வாயைப் பஞ்சினால் அடைத்து விட்டுக் குழாயை ஒரு நீர்த் தொட்டியில் வைத்துச் சூடாக்கினால் பொருள் உருகி அதன் படிக நீரில் கரைந்து விடுகிறது. அப்போது மிகுந்த செறிவுள்ள சோடியம் தயோசல்பேட் கரைசல் ஒன்று கிடைக்கிறது. அதில் குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் தெவிட்டிய நிலைக்கு உண்டானதைவிட அதிகமான அளவில் கரைபொருள் இருக்கும். இக்கரைசலை குலுக்கிவிடாமல் கவனமாகக் குளிரவிட்டோமானால் அதிலிருந்து கரைபொருள் பிரியாது. இத்தகைய கரைசல் மிகு தெவிட்டிய (super saturated) கரைசல் எனப்படும். ஆனால் அதைக் குலுக்கிவிட்டாலோ அல்லது கரைபொருளின் சிறிய படிகம் ஒன்றை அதில் சேர்த்தாலோ உடனே உபரிமான கரைபொருள் பிரிந்து வெளியேறிவிடும்.

இவ்வாறு தெவிட்டாத அல்லது தெவிட்டிய அல்லது மிகு தெவிட்டிய கரைசல்களைப் பிரித்தறிவதற்கு அதில் சிறிதளவு கரைபொருளைச் சேர்த்தால் இன்னும் சிறிது கரைபொருள் கரையும்; மிகு தெவிட்டிய நிலையிலிருந்தால் பெருமளவு கரை பொருள் வீழ்படிவாகவெளியேறிவிடும்.

கரைபொருளை நன்கு பொடி செய்து கொள்வதாலும், கரைசலை நன்ருகக் கலக்குவதாலும், அதைச் சூடாக்குவதாலும் கரைசலை அதிகரிக்கச் செய்யலாம். வெப்பநிலை உயர உயர பெரும்பாலான கரைபொருள்கள் அதிக அளவில் கரைகின்றன.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில், ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுள்ள கரைப்பானில் கரையக்கூடிய கரைபொருளின் அளவு அதன் கரைதிறன் (Solubility) எனப்படும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஒரு திரவத்தில் ஒரு பொருளின் கறைதிறன் என்பது 100 கிராம் திரவத்தை அந்த வெப்பநிலையில் தெவிட்டிய நிலையிலுள்ள கரைசலாகச் செய்யத் தேவைப்படும் பொருளின் எடையை கிராம்களில் குறிக்கும் எண் ஆகும்.

அதை வெறும் எண்ணுகவே கூறுவது வழக்கம். கரை திறன் வெப்ப நிலையோடு மாறுமாதலால் வெப்பநிலையையும் சேர்ந்துச் சொல்ல வேண்டும்.

கரைதிறனைப் பாதிக்கின்ற அம்சங்கள்

ஒரு திரவத்தில் ஒரு பொருளின் கரைதிறன் கரை பொருளின் தன்மை, வெப்பநிலை, அழுத்தம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்தள்ளது. அழுத்தம், பொருளின் கரைதிறனை அவ்வள வாகப் பாதிப்பதில்லை. பொதுவாக வெப்பநிலை உயரும்போது கரைதிறனும் அதிகரிக்கிறது. ஆனால் கால்கியம் ஹைட்ராக்-ஸைடு, கால்ஸியம் பியூனமீரட் போன்ற பொருள்களுக்கு வெப்பநிலை உயர்ந்தால் கரைதிறன் குறைகிறது. வெப்ப நிலையோடு கரைதிறன் மாறுகின்ற வீதம் வெவ்வேறு பொருள் களுக்கு வெவ்வேருக இருக்கும். மேலும் ஒரு கரைப்பானில் கரையக்கூடிய பொருள் மற்ருெரு கரைப்பானில் கரையாததாக இருக்கலாம்.

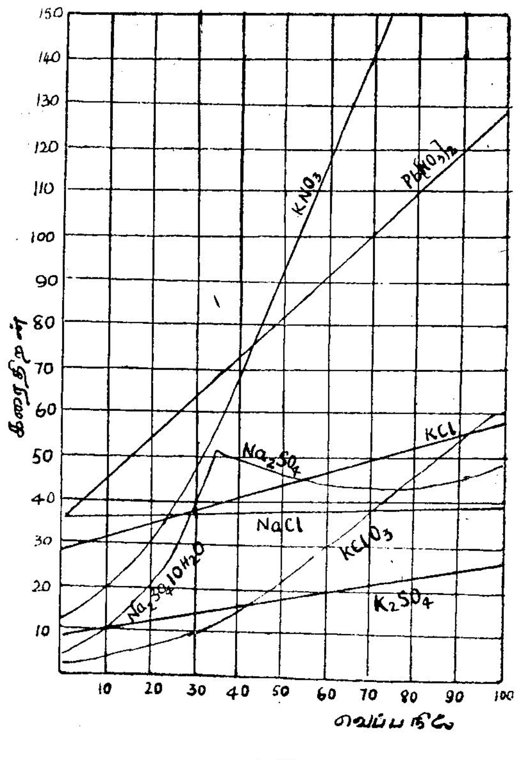
வெப்பநிலையோடு கரைதிறன் மாறுதல்: கரைதிறன் கோடுகள்

வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் ஒரு பொருளின் கரைதிறனைக் கண்டுபிடித்து ஒரு வரைபடப் வரையலாம். பல பொருள் களுக்கு இவ்வாறு வரையப்பட்ட கோடுகள் படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ளன.

கரைதிறன் கோடுகளின் முக்கியத்துவம்

பொட்டாஷியம் நைட்ரேட், காரீய நைட்ரேட் போன்ற பொருள்களுக்கான கோடுகள் வெப்பநிலை உயரும்போது கரை திறன் வேகமாக அதிகரிப்பதைக் காட்டுகின்றன. பெரும் பாலான பொருள்களுக்கும் கறைதிறன் இவ்வாறு உயர்கின்றது.

எனவே பெரும்பாலான பொருள்களுக்கு வெப்பநிலை உயரும் போது கரைதிறனும் கணிசமாக அதிகமாகிறது என்பது புலப்படும். மேலும் வெப்பநிலை உயர்வினுல் கரைதிறன் அதி



படம் 32

கரிக்கும் வேகம் வெவ்வேறு பொருள்களுக்கு வெவ்வேருக உள்ளது. சாதாரண உப்பின் கரைதிறன், வெப்பநிலை உயரும் போது சிறிய அளவிலேயே அதிகரிக்கிறது. சில பொருள்களின் வெப்பநிலை உயரும் போது அவற்றின் கரைதிறன் குறைகிறது. கால்ஷியம் ப்யூடைரேட், கால்ஷியம் ஹைட்ராக்ஸைடு, கால்ஷியம் குரோமேட் ஆகியவையும் இவ்வாறே நடந்து கொள்கின்றன. இவற்றின் கரைசல்களைச் சூடாக்கினுல், வெப்பநிலை உயர உயரக் கரைபொருள் வீழ்படிவாக வெளிப்பட்டுக் கொண்டேயிருக்கும்.

சோடியம் சல்பேட் போன்ற பொருள்களின் கரைதிறன் கோடுகள் தொடர்ச்சியாயில்லாமல் இருக்கும். அதாவது கரைதிறன் கோடு திடீரெனத் திசை மாறுகிறது. சோடியம் சல்பேட்டிற்கான கோடு 32° C வெப்பநிலையில் தொடர்பற்றுப் போய் திசை மாறுகிறது. இத்தகைய கோட்டினை ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கிற இரு தனித்தனியான கரைதிறன் கோடுகளாக கருதலாம். தெவிட்டிய கரைசலுடன் சேர்ந்துள்ள கரைபொருளின் படிகநீர் அளவில் மாற்றம் ஏற்படும்போது இவ்வாறு ஏற்படுகிறது. 32°C வரையிலான கோடு கரைசலுக்கும் நீரேறிய சோடியம் சல்பேட் படிகத்திற்கும் ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) இடையிலான சமநிலையைக் குறிக்கிறது. 32°C வெப்பநிலைக்கு மேற்பட்ட பகுதி கரைசலுக்கும் நீர்நீங்கிய சோடியம் சல்பேட்டுக்கும் இடையிலான சமநிலையைக் குறிக்கின்றது. இரு பகுதிகளும் சந்திக்கின்ற வெப்பநிலையில் திடநிலையிலுள்ள நீரேறிய உப்பிற்கும் நீர் நீங்கிய உப்பிற்குமிடையில் சமநிலை தோன்றுகிறது. அப்புள்ளிக்கான வெப்பநிலையில்தான் உப்பு நீரேறிய நிலையிலிருந்து நீர் நீங்கிய நிலைக்கு அல்லது எதிர்த் திசையில் மாறுகிறது. இந்த வெப்பநிலை பொருளின் நிலைமாறு வெப்பநிலை (Transition temperature) எனப்படும். இவ்வாறு சோடியம் சல்பேட்டின் நிலைமாறு வெப்பநிலை 32°C. இதற்குக் கீழேயுள்ள வெப்பநிலைகளில் கரைசலில் நீரேறிய உப்பும், இதற்கு மேற்பட்ட வெப்பநிலைகளில் கரைசலில் நீர்நீங்கிய உப்பும் இருக்கும்.

அம்மோனியம் நைட்ரேட் போன்ற பொருள்களுக்கும் சோடியம் சல்பேட் போன்ற கோடுகள் கிடைக்கின்றன. ஆனால் அவற்றில் கோடுகள் திசைமாறுவதற்குக் காரணம் உப்பின் படிக உருவம் மாறுவது ஆகும்.

கரைதிறன் கோடுகள் பல வழிகளில் பயன்படுகின்றன. ஒரு பொருளின் கரைதிறனை எந்தவெப்ப நிலையிலும் உடனடியாகக் கண்டுபிடிக்கலாம். ஒரே கரைப்பானில் இரு பொருட்களின் கரைத்திறன்களை ஒப்பிடலாம். இவ்வாறு ஒப்பிடுவது இரு பொருள்களும் கலந்துள்ள கரைசலிலிருந்து படிகமாக்கிப் பிரிப்பதன் மூலம் அவற்றைப் பிரித்தெடுக்கப் பயன்படுகிறது. நீரேறிய பொருள் நிலைமாறு வெப்பநிலையைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

திரவங்களில் திரவங்களுள்ள கரைசல்

இரு ஆவியாகக்கூடிய திரவங்களின் கலவையின் இயல்புகள் பல வகைகளில் மாறுதான வெப்பநிலைக்குக் கீழேயுள்ள

ஒரு வாயு கரைந்துள்ள, ஆவியாகக்கூடிய திரவத்தின் இயல்புகளை ஒத்துள்ளன. அந்த வெப்பநிலையில் வாயுவை அழுத்தித் திரவமாக்க முடியும்.

ஒரே மாதிரியான திரவங்களே பொதுவாக ஒன்றிலொன்று கரைகின்றன. உதாரணமாக நீரில் எவ்வளவு ஆல்கஹால் வேண்டுமானாலும் கரையும். அதேபோல ஆல்கஹாலில் நீர் கரையும். பாதரசம் நீரைக்கரைக்காது; ஆனால் உலோகங்களைக் கரைக்கும். பென்சீன், டாலுயின் போன்ற ஹைட்ரோ கார்பன்கள், மற்ற ஹைட்ரோ கார்பன்களைக் கரைக்குமே தவிர நீரைக் கரைப்பதில்லை. மேலே கண்டவற்றின் அடிப்படையில் திரவங்களை நீர் போன்றவை, ஹைட்ரோ-கார்பன் போன்றவை என இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம். ஒரு வகையைச் சேர்ந்த திரவங்கள் தன் வகையைச் சேர்ந்த திரவங்களை மட்டுமே கரைக்கும் ; மற்றவகை திரவங்களைக் கரைக்காது. அயனிப் பிரிகைக்குட்படுகிற கரைப்பான்கள் நீர்வகையைச் சேர்ந்தவை. அவை போலார் (Polar) திரவங்கள் எனப்படும். ஹைட்ரோ கார்பன் வகையைச் சேர்ந்தவை நான் போலார் திரவங்கள் எனப்படும்.

திரவங்களில், திரவங்களின் கரைசல்களைப் பற்றிப் பயிலும் போது இக்கலவையின் ஆவியழுத்தத்தைக் கவனிப்பது மிக அவசியமாகும். இந்நோக்கத்தில் திரவங்களை மூன்றுவகையாகப் பிரிக்கலாம். அவை :

(1) முற்றிலும் கலந்து விடுபவை—தண்ணீரும் ஆல்கஹாலும் ; பென்சீனும் டாலுயினும்.

(2) அரைகுறையாகக் கலந்து கொள்பவை—பீனலும் நீரும் ; ஈதரும் நீரும்.

(3) முற்றிலும் கலக்காதவை—பாதரசமும் நீரும் ; நைட்ரோ பென்சீனும் நீரும்.

முழுமையாகக் கலந்துவிடும் திரவங்கள்

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் இரு திரவங்களின் கலவையை எடுத்துக் கொண்டால் அதற்கு மேலே இரு திரவங்களின் ஆவிகளும் கலந்து, அக்கலவை திரவத்துடன் சம நிலையிலிருக்கும். இத்தகைய ஆவிக்கலவையின் அழுத்தம் இரு திரவங்களின் ஆவி அழுத்தங்களின் கூட்டுத் தொகையாகும். அக்கலவையிலுள்ள திரவ ஆவிகளின் அளவு விகிதம், திரவங்களின் தன்மையையும், வெப்பநிலையையும், திரவங்களின்

விகிதத்தையும் பொறுத்துள்ளது. வெப்பநிலை உயர உயர ஆவியழுத்தமும் அதிகரிக்கிறது. கலவையில் திரவங்களின் அளவு சமமாக இருக்கையில், அவற்றுள் ஒன்று மற்றதைவிட எளிதாக ஆவியாகக் கூடியதானால், ஆவிக் கலவையில் அதன் ஆவி அதிக அளவிலிருக்கும். வெப்பநிலையை மாறாமல் வைத்து இரு திரவங்களை வெவ்வேறு விகிதங்களில் கலந்து சோதித்தால் மொத்த ஆவியழுத்தம் திரவங்களின் விகிதங்களைப் பொறுத்திருப்பது காணப்படும். எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில், குறிப்பிட்ட விகிதத்தில் கலக்கப் பட்ட ஒரு திரவக் கலவையின் ஆவியழுத்தம் ஒரு குறிப்பிட்ட மாறாத மதிப்புள்ளதாயிருக்கும்.

மாறாத வெப்பநிலையில் திரவங்களின் விகிதத்தையும், மொத்த ஆவியழுத்தத்தையும் இணைத்து ஒரு வரைபடம் வரைந் தால் பின்வரும் இருவகைகள் கிடைக்கின்றன.

1. இரு திரவங்களின் இலட்சியத் தொகுப்பு (Ideal System)

இரு திரவங்களின் இலட்சியத் தொகுப்பில் ஒரு திரவத்தின் மூலக்கூறுகள் மற்றதிரவத்தின் மூலக்கூறுகளுக்கிடையிலுள்ள கவர்ச்சி விசையைப் பாதிக்கக் கூடாது. இவை பென்சீனும் டாலியினும், குளோரோ பென்சீனும் ப்ரோமோ பென்சீனும், எதிலின்-டை-ப்ரோமைடும் புரோபிலின்-டை-ப் ரோமைடும் போன்ற வேதியியல் வகையில் நெருங்கிய உறவு கொண்ட திரவங் களாயிருக்கும். இரு துருவங்களின் இத்தகைய இரு இலட்சியத் தொகுப்பு ரவூல் விதியைப் பின்பற்றுகின்றன. ரவூல் விதி கூறுவதாவது :

'ஒரு கரைசலிலுள்ள ஒரு திரவத்தின் ஆவியழுத்தம் அதன் மூலக்கூறு பின்னத்திற்கு (Mole fraction) நேர்விகிதத்திலிருக் கும்.''

ஒரு கலவையில், ஒரு திரவத்தின் 'n^1' மூலக்கூறுகளும் மற்றொரு திரவத்தின் 'n_2' மூலக்கூறுகளும் இருந்தால் $x = \left(\frac{n_1}{n_1+n_2}\right)$ முதல் திரவத்தின் மூலக்கூறு பின்னம் எனப் படும்.

எனவே

$$P_1 \propto \frac{n_1}{n_1+n_2} \text{ அல்லது}$$

$$P_1 = K \left(\frac{n_1}{n_1+n_2}\right)$$

'P_1' என்பது முதல் திரவத்தின் பகுதி ஆவியழுத்தமாகும். 'K' என்பது முதல் திரவத்தின் மூலக்கூறுகள் கரைசலிலிருந்து தப்பி வெளியேறும் நாட்டத்தைப் பொறுத்த ஒரு மாறிலி. அதே போல இரண்டாது திரவத்திற்கு

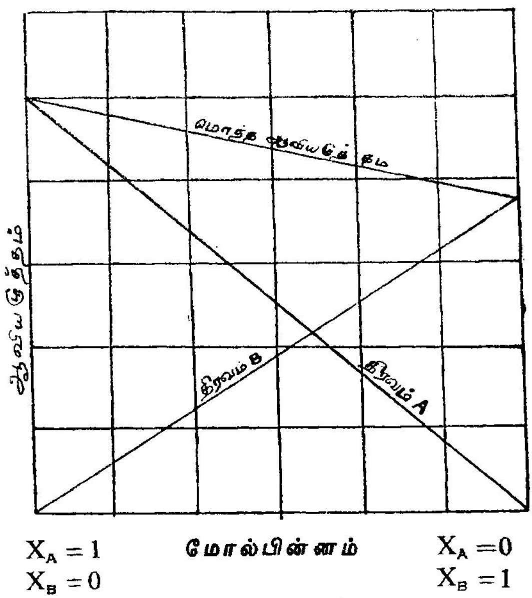
$$P_2 \propto \left(\frac{n_2}{n_1+n_2}\right) \text{ அல்லது}$$

$$P_2 \; K^1 \left(\frac{n_2}{n_1+n_2}\right)$$

'P_2' என்பது இரண்டாது திரவத்தின் பகுதி ஆவியழுத்தம் 'K^1' என்பது இரண்டாவது திரவத்தின் மூலக்கூறுகள் கரைசலிலிருந்து தப்பி வெளியேறும் நாட்டத்தைப் பொறுத்த ஒரு மாறிலி. டால்ட்டனின் விதிப்படி,

தொகுப்பின் மொத்த ஆவியழுத்தம் $P = P_1 + P_2$

வாயுக்கள் இலட்சிய வாயுக்களைப் போல நடந்து கொள்ளும் போதுதான் இந்தச் சமன்பாடு பொருந்தும். அழுத்தங்கள்



படம் 38

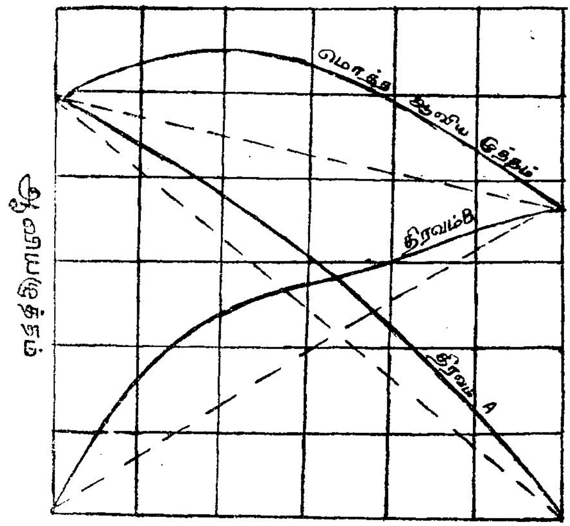
மிகக்குறைவாகவே இருப்பதால் வாயுக்கள் இலட்சிய வாயுக்களைப் போலவே வழக்கமாக நடந்து கொள்கின்றன.

இத்தகைய இலட்சியத் தொகுப்பிற்கு, வெப்பநிலையை மாருமல் வைத்துக் கொண்டு, மூலக்கூறு பின்னத்திற்கும், ஆவியழுத்தத்திற்குமிடையில் வரைப்படங்கள் வரைந்தால், படத்தில்காட்டியபடி இருக்கோடுகள் கிடைக்கின்றன. ஒவ்வொரு திரவத்திற்குமான கோடும் துவக்கப் புள்ளியின் வழியே செல்கிறது.

2. இரு கலக்கின்ற திரவங்களின் இலட்சியமற்ற தொகுப்பு :

கலவையிலுள்ள இரு திரவங்கள் வேதியல் இயல்பியல் நெருங்கிய உறவற்றவையாயிருப்பின், அக்கலவை இலட்சியத் தன்மையில் நடந்து கொள்ளாது. எனவே ஒவ்வொரு திரவத்தின் பகுதி ஆவியழுத்தமும் ரஹூல் விதிப்படி அத்திரவத்தின் மூலக்கூறு பின்னத்திற்கு நேர்விகிதந்திலிருக்காது. இது முதல் திரவ மூலக்கூறுகளுக்கிடையேயுள்ள கவர்ச்சி விசைக்கும், மற்ற திரவத்தின் மூலக்கூறுகளுக்கிடையேயுள்ள கவர்ச்சி விசைக்குமிடையேயுள்ள வேறுபாட்டினுல் ஏற்படுகிறது. இதன் விளைவாக ஒரு திரவத்தின் மூலக்கூறுகள், மற்ற திரவத்தின் மூலக்கூறுகளின் தப்பிப்போகும் நாட்டத்தைப் பாதிக்கலாம். முதல் திரவத்தின் மூலக்கூறுகளுகளினிடையேயுள்ளதைவிட அதிகமாயிருப்பதாகக் கொள்வோம். அப்போது பின்னைய திரவத்தின் மூலக்கூறுகள் திரவத்தைவிட்டு வெளியேற்றப்படும். முதல் திரவ மூலக்கூறுகள் இருப்பது, மற்ற திரவ மூலக்கூறுகளை அதிக அளவில் திரவத்திலிருந்து ஆவியாகச் செய்கிறது. எனவே ரஹூல் விதியிலிருந்து அறியப்படுவதைவிட அதிக அளவில் இரண்டாது திரவத்தின் பகுதி அழுத்தம் இருக்கும். இலட்சிய இயல்பிலிருந்து இவ்வாறு பிறழ்வது நேரினப் பிறழ்ச்சி எனப்படும். ஒரு திரவம் நேரினப் பிறழ்ச்சி காட்டுகையில், மற்ற திரவமும் அதே முறையில் நடந்து கொள்வது வழக்கமாக உள்ளது. அசிடோன்-கார்பன்-டை-சல்பைடு, எதில் ஆல்க-ஹால்—குளோரோபாரம் ஆகிய கலவைகள் இதற்கு எடுத்துக் காட்டுகளாகும். வெப்பநிலை மாருதபோது இத்தகைய தொகுப்பின் அழுத்தத்திற்கும், திரவங்களின் விகித்திற்குமிடையில் வரையப்படும் வரைகோடு படத்தில் காட்டியபடி இருக்கும். புள்ளிக்கோடுகள் இலட்சிய நடத்தையைக் காட்டுகின்றன. உயர்வு செறிவுகளில், முதலில் பகுதி அழுத்தம் ரஹூல் விதியைப் பின்பற்றுகிறது என்பது தெரிகிறது. ஆனல் இரண்டாவது திரவத்தின் செறிவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க ஆவி அழுத்தம் இலட்சிய நிலையிலிருந்து முரண்படுகிறது. இரு திரவங்களின் ஆவியழுத்தங்கள் ஒன்றையொன்று நெருங்கியும், நேரினப் பிறழ்ச்சிகள் பெருமளவிலும் இருந்தால், கலவையின் மொத்த

ஆவியழுத்தக் கோட்டிற்கு ஒரு பெருமம் உள்ளது. ஆனால் தனித்தனியான பகுதி அழுத்தங்களுக்கு ஒருபோதும் பெருமம் இருக்காது. அப்படி இருக்குமானால் மிகப்பெரிய நேரினப் பிறழ்ச்சிகள் ஏற்பட்டு அதன் விளைவாகக் கரைசல் இரு அரைகுறையாகக் கலக்கின்ற திரவங்களாகப் பிரிந்துவிடும்.



$X_A = 1$ **மோல் பின்னம்** $X_A = 0$

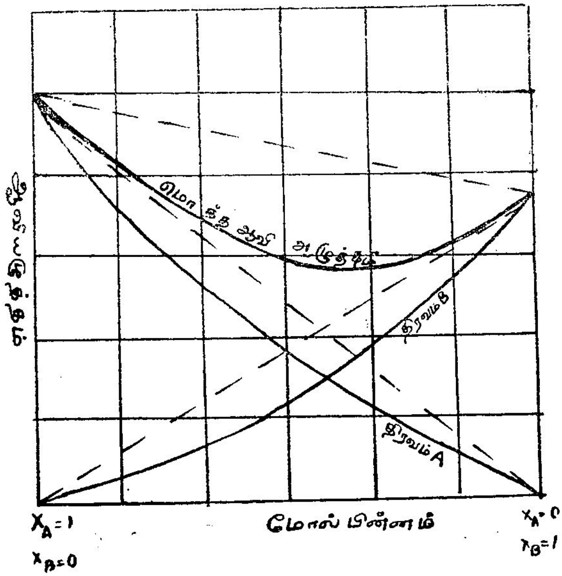
$X_B = 0$ $X_B = 1$

படம் 34

இரு திரவங்களின் மூலக்கூறுகளிடையேயுள்ள பரஸ்பரக் கவர்ச்சி விசை மிக அதிகமாக ஆகிவிட்டால் அல்லது இருதிரவங்களும் இணைந்து ஒரு சேர்மமாக ஆகிவிட்டால் ஒவ்வொரு திரவத்தின் பகுதி ஆவியழுத்தம் ரவுல் விதியின்படி உள்ளதைவிடக் குறைவாக இருக்கும். இது எதிரினப் பிறச்சியாகும். இது எதிரினப் பிறழ்ச்சியாகும். அசிடோன் + குளோரோபாரம், ஹாலோஜன் அமிலங்கள் + தண்ணீர், தண்ணீ + நைட்ரிக் அமிலம் ஆகிய கலவைகள் இத்தகைய எதிரினப் பிறழ்ச்சியைக் காட்டுகின்றன. இத்தகைய கலவைகளின் தொகுப்பிற்கான ஆவியழுத்தம் கலப்பு விகித வரைடங்கள் இங்கு காட்டப்பட்டபடி இருக்கும். இப்படத்திலும் புள்ளிக்கோடுகள் இலச்சிய நடத்தையைக் குறிக்கின்றன. கோடுகளில் சிறுமம் இருப்பதைக் கவனிக்கவும்.

முழுமையாகக் கலந்து விடுகின்ற திரவங்களின் கொதிநிலை

தொகுப்பின் மொத்த ஆவி அழுத்தத்தை மாறாமல் வைத்துக் கொண்டு கொதிநிலைக்கும் கலப்பு விகிதத்திற்கும் இடையி



படம் 35

லும் வரைபடம் வரையலாம். தொகுப்பின் மொத்த ஆவியழுத்தம் ஒரு வளி அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும் போது தொகுப்பு கொதிக்கத் துவங்கும். இவ்வாறு கலப்பு விகிதத்திற்கும், கொதிநிலைக்கும் இடையில் வரையப்படும் வரைகோடு கொதிநிலைக் கோடு எனப்படும். இத்தகைய கோடுகளை மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

(1) மொத்த ஆவியழுத்தம்—கலப்பு விகிதக் கோடு பெருமமோ, சிறுமமோ உள்ளதாக இல்லாதபோது கொதிநிலை—கலப்பு விகிதக் கோட்டிலும் பெருமமோ, சிறுமமோ இருக்காது. எல்லாக் கலவைகளின் கொதிநிலைகளும் கலவையிலுள்ள திரவங்களின் சொந்தக் கொதிநிலைக்கு இடைப்பட்ட மதிப்புகள் உள்ளதாக இருக்கும்.

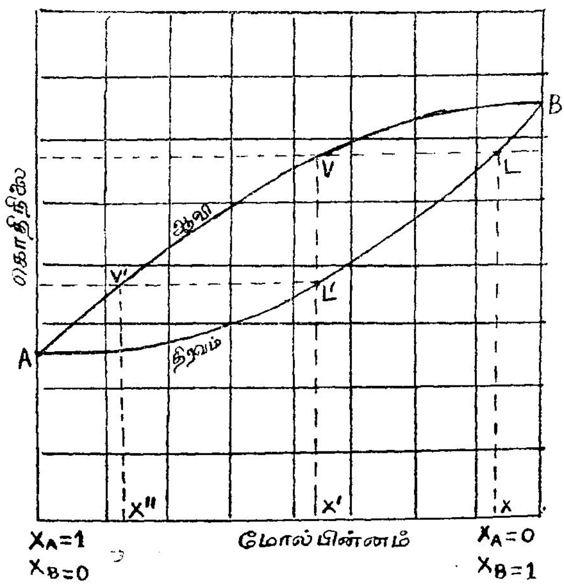
(2) ஆவியழுத்தம்—கலப்பு விகிதக்கோடு ஒரு பெருமம் உள்ளதாக இருக்குமானால், கொதிநிலை—கலப்பு விகிதக்கோடு

ஒரு சிறுமம் உள்ளதாக இருக்கும். இந்தவகையில் ஒரு குறிப்பிட்ட கலப்பு விகிதமுள்ள கலவை பெருமக் கொதிநிலை உள்ளதாக இருக்கும்.

கொதிநிலை ஒழுங்காக உயர்கின்ற தொகுப்பு

A, *B* என்னும் இரு திரவங்களின் கலவையில், *A*-யின் ஆவியழுத்தம், *B*-யினுடையதைவிட அதிகமாயிருப்பின் கொதிநிலை —கலப்பு விகிதக் கோடு படத்தில் காட்டியுள்ளபடியிருக்கும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் திரவத்தின் ஆவியழுத்தம் அதிகமாயிருக்குமானல், அதன் கொதிநிலை குறைவாயிருக்கும். *A*-யின்ஆவியழுத்தம், *B*-யினுடையதைவிட அதிகமாக இருப்ப



படம் 36

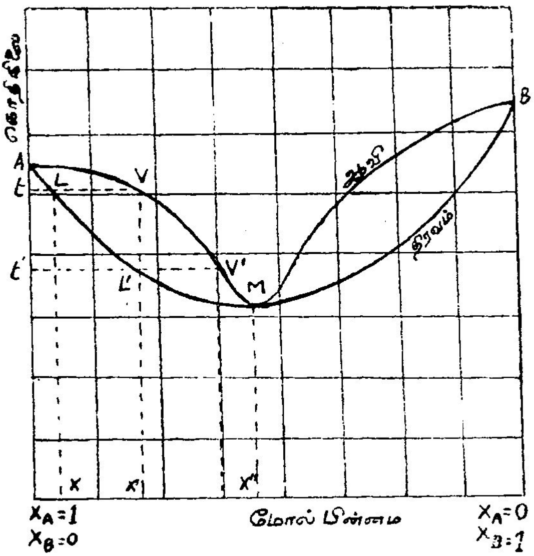
தாக எடுத்துக் கொண்டிருக்கிறபடியால் *A*-யின் கொதிநிலை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளதுபடி, *B*-யின் கொதிநிலையைவிடக் குறைவாயிருக்கும். ஆனல் *A*-யை *B*-யுடன் கலந்து விட்டால், *B*-யின் அளவு அதிகமாக அதிகமாக கலவையின் கொதிநிலை நேர்விகிதமாக *A*-யிலிருந்து *B*-க்கு *ALB* எனும் கோடு காட்டுவது போல அதிகரிக்கும் கொதிநிலைக்கும், திரவக் கலவையின் கலப்பு விகிதத்திற்கும் இடையிலுள்ள உறவை *ALB* எனும் கோடு

குறிக்கிறது. *AVB* எனும் திரவத்தின் கொதிநிலையில் அதோடு சமநிலையிலிருக்கின்ற ஆவியின் கலப்பு விகிதத்திற்கும், வெப்பநிலைக்கும்இடையிலுள்ள தொடர்பைக் குறிக்கின்றது. 't' எனும் வெப்பநிலையில், 'L' எனும் புள்ளி குறிப்பிடுகின்ற திரவக்கலவை 'V' எனும் புள்ளி குறிப்பிடுகின்ற ஆவிக்கலவையுடன் சமநிலையிலுள்ளது என்பது புலப்படும். அதன் விளைவாக 'X' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ள திரவக் கலவை சூடாக்கப்பட்டால் 't' எனும் வெப்ப நிலையில் கொதிக்கும். அந்த வெப்பநிலையில் திரவத்தோடு சமநிலையிலுள்ளதும் 'V'-யினுல் குறிக்கப்படுவதுமான ஆவி 'X'' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ளதாக இருக்கும். இந்த ஆவியைக் குளிர்வித்துத் திரவமாக்கினுல் அத்திரமும் 'X^1' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ளதாகவே இருக்கும். இப்போது 'V' எனும் ஆவியில் 'A' திரவத்தின் ஆவி அதிக அளவில் இருக்கிறது. அதன் அழுத்தமும் திரவத்தினுடையதைவிட அதிகமாக உள்ளது. அதன் விளைவாக 'B'-யைவிட 'A' அதிக அளவில் இழக்கப்படுவது மீதமுள்ள கலவையில் 'B'-யின் அளவை அதிகமாக்குகிறது. எனவே மீதமுள்ள திரவக் கலவையின் கொதிநிலை நேர்விகிதத்தில் அதிகமாகும். எனவே 'X' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ள ஒரு திரவக் கலவையை எடுத்துக் கொண்டு அதைக் காய்ச்சி வடித்தால் 'X'' கலப்பு விகிதமுள்ள ஒரு திரவக் கலவை கிடைக்கும் என்பது புலப்படும். இதேபோல X' கலவையைக் காய்ச்சி வடித்தால் அது t' எனும் வெப்பநிலையில் கொதிக்கும். அதோடு சமநிலையில் இருக்கக்கூடிய ஆவிக்கலவை 'X'' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ளதாக தூய 'A' திரவத்தின் கலப்பு விகிதத்திற்கு அண்மையிலிருக்கும். இதுபோலத் திரும்பத் திரும்பக் காய்ச்சி வடித்தால் கலவையிலிருந்து A, B இரண்டையும் தனியாகப் பிரித்தெடுத்து விடலாம். இதுவே பின்னக் காய்ச்சி வடித்தல் (Fractional Distillation) முறையின் தத்துவமாகும். முற்றிலும் வெவ்வேருன கொதிநிலைகளை உடைய திரவங்களைச் சுத்தப்படுத்தவும், பரித்தெடுக்கவும் இம்முறை சிறப்பானது.

சிறுமக் கொதிநிலையுடைய தொகுப்புகள்

ஆவியழுத்தம் — கலப்பு விகிதக் கோட்டில் படத்தில் காட்டியுள்ளபடி ஒரு சிறுமம் இருக்கும். இந்த வகையிலும் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையில் 'A' திரவத்தின் ஆவியழுத்தம் 'B'-யினுடையதைவிட அதிகமாயிருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். கீழ்க்கோடு திரவக் கலவையின் கலப்பு விகிதத்தைக் காட்டுகிறது. மேல்கோடு திரவத்துடன் சமநிலையிலிருக்கின்ற ஆவிப் பகுதியின் கலப்பு விகிதத்தைக் காட்டுகிறது. சிறுமக்

கொதிநிலையைக் காட்டுகின்ற 'M' எனும் புள்ளியில் இரு கோடுகளும் தொட்டுக் கொள்கின்றன. எனவே அங்கு சமநிலையிலிருக்கின்ற ஆவியும் திரவமும் ஒரே மாதிரியான கலப்பு விகிதமுள்ளவை. எனவே 'M' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ள ஒரு கலவையை சூடாக்கினால் அது ஒரு மாறாத வெப்பநிலையில் காய்ச்சி வடிக்கப்படும். அதிலிருந்து பெறப்படுகிற கலவையும், அதே கலப்பு விகித முள்ளதாக இருக்கும். இவ்வாறு ஒரு மாறாத வெப்பநிலையில் காய்ச்சி வடித்தலுக்குட்பட்டு கலப்பு



படம் 37

விகிதத்தை மாற்றிக் கொள்ளாமல் தூயதிரவத்தைப் போல நடந்து கொள்கின்ற கலவை அசியோட்ரோபிக் அல்லது கொதிநிலை மாறாக்கலவை எனப்படும்.

'X' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ள கலவையைச் சூடாக்கினால் அது 't' எனும் வெப்பநிலையில் கொதிக்கும். அதில் விளையும் ஆவி 'X'' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ளதாக இருக்கும். 'V'-யினால் குறிக்கப்படும் இந்த ஆவி 'X' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ள, 'L'-ஆனால் குறிக்கப்படும் திரவத்துடன் சமநிலையிலிருக்கும். திரவத்திலிருப்பதைவிட ஆவியில் B-யின் அளவு அதிகமாயிருப்

பதும், அதனுல் மீதமுள்ள திரவத்தில் ஆவியிலுள்ளதைவிட A-யின் அளவு அதிகமாயிருப்பதும் புலப்படும். 'X'' கலப்பு விகிதமுள்ள காய்ச்சி வடிக்கப்பட்ட ஆவி குளிர்ந்து திரவமாகும். இதை மீண்டும் காய்ச்சி வடித்தால் கிடைக்கும் ஆவியின் கலப்பு விகிதம் 'X''' ஆக இருக்கும். 'X''' கலப்பு விகிதமுள்ள கலவையில் 'X'' கலப்பு விகிதமுள்ள முன்னேய கலவையைவிட B-யின் அளவு அதிகமாயிருப்பது புலனுகும். எனவே இத்தகைய ஒரு கலவையைப் பின்னக் காய்ச்சி வடித்தலுக்குட் படுத்திஞல் ஒவ்வொரு கட்டத்திற்குப் பிறகும் சிறுமக் கொதி நிலேயுள்ள கலவையின் கலப்ப விகிதத்தை நெருங்கின்ற கலப்பு விகிதமுள்ள வடிபொருள் கிடைக்கும். இறுதியில் 'M' என்ற புள்ளியின் கலப்பு விகிதத்தை எட்டிய பின்னர், கலவை ஒரு மாறிலியான வெப்பநிலேயில் கொதிக்கும் அதன் கலப்பு விகிதமும் மாருது. ஆகவே திரவங்களேத் தனியே பிரித்தெடுக்க முடியாது.

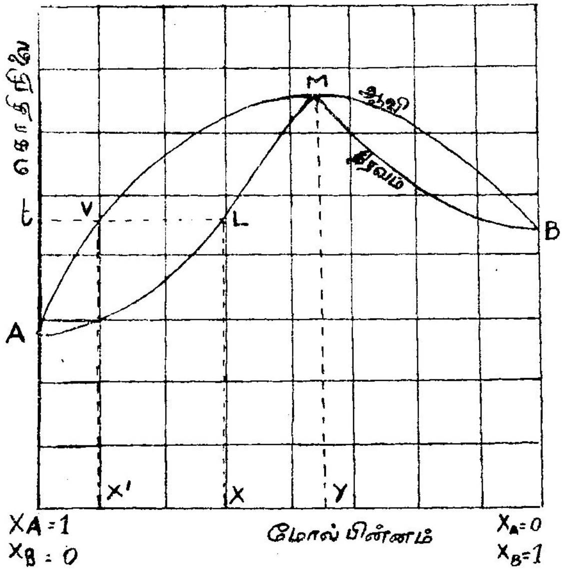
இதேபோல 'M'-க்கும் 'B'-க்கும் இடையிலுள்ள கலப்பு விகிதமுள்ள ஒரு கலவையை எடுத்துக் காய்ச்சி வடித்துக் கொண்டே போனுலும், 'M' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ள கலவை யையே இறுதியில் பெறலாம். அதுவும் கலப்பு விகிதம் மாருமல் ஒரு மாருத கொதிநிலேயில் ஆவியாகும்.

பெருமக் கொதிநிலேயுள்ள தொகுப்புகள்

ஆவியழுத்தம்—கலப்பு விகிதக் கோட்டில் சிறுமம் இருந் தால், கொதிநிலே—கலப்பு விகிதக் கோட்டில் படத்தில் காட்டியது போல பெருமம் இருக்கும். இந்த முறையும் கொடுக் கப்பட்ட வெப்பநிலேயில் 'A'-யின் ஆவியழுத்தம், 'B'-யினுடையதைவிட அதிகமென்று எடுத்துக்கொள்வோம்.

கீழ்கோடு திரவக் கலவையின் கலப்பு விகிதத்தையும், மேல் கோடு திரவத்துடன் சமநிலேயிலிருக்கின்ற ஆவிப் பகுதி யின் கலப்பு விகிதத்தையும் கொடுக்கின்றன. இரு கோடு களும் 'M' எனும் புள்ளியில் தொட்டுக் கொள்கின்றன. 'M' எனும் புள்ளி பெருமக் கொதிநிலேயுடைய 'Y' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ள திரவத்தைக் குறிக்கிறது. முந்தைய எடுத்துக் காட்டில் பார்த்ததுபோல இதிலும் 'M' எனும் புள்ளியில் ஆவி யும் திரவமும் ஒரே கலப்பு விகிதமுள்ளவையாக உள்ளன. 'Y' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ள திரவம் ஒரு கொதிநிலே மாருக்கலவை யாகும். அதற்கு ஒரு பெருமன் கொதிநிலேயுள்ளது. அதாது

அது ஒரு மாறிலியான வெப்பநிலையில் கலப்பு விகிதம் மாருமல் காய்ச்சி வடித்தலுக்குள்ளாகும்.



படம் 35

'X' எனும் கலப்பு விகிதமுள்ள கலவையைச் சூடாக்கினுல் அது 't' எனும் வெப்பநிலையில் காய்ந்து வடியும். அதிலிருந்து வெளிப்படும் 'X'' எனும் கலப்பு விகித முள்ளதாக இருக்கும். அது ஆவிக்கோட்டில் 'V'-ஆல் குறிக்கப்படும். அதைக் குளிர் வித்தால் கிடைக்கும் திரவத்தில் 'A' அதிக அளவிலிருக்கும் மீத முள்ள திரவத்தின் கலப்பு விகிதம் 'X'-க்கும் 'Y'-க்கும் இடையி லுள்ள புள்ளியால் குறிக்கப்படும். இவ்வாறு ஒவ்வொரு கட்டத் திற்குப் பின்னும் மீதப்படும் திரவங்களைக் காய்ச்சி வடித்தால் இறுதியில் 'Y'-எனும் கலப்பு விகிதமுள்ள திரவம் மிஞ்சும். அது ஒரு மாருத வெப்பநிலையில், கலப்பு விகிதம் மாருமல் காய்ச்சி வடிதலுக்குட்படும். 'Y'-க்கும் 'B'-க்கும் இடைப்பட்ட கலப்பு விகிதமுள்ள திரவத்தை எடுத்துக் கொண்டாலும் இதே போன்ற முடிவுகள் கிடைக்கும். காய்ச்சி வடிக்கப்பட்ட திரவம் 'B' திரவம் அதிகமுள்ளதாயும் மீதமிருக்கும் திரவம் 'A' அதிகமுள்ளதாயும் இருக்கும். இரு விதங்களிலும் திரவங்களைப் பின்னக் ாய்ச்சி வடித்தலால் பிரித்தெடுக்க முடியாது. தூய 'A' திரவத்தையும், 'Y' கலப்பு விகிதமுள்ள கொதிநிலை மாருக் கலவையையும் பெறலாம். அல்லது தூய 'B'

திரவத்தையும் 'Y' கலப்பு விகிதமுள்ள கொதிநிலை மாருகலவை யையும் பெறலாம்.

கொதிநிலை மாருக் கலவைகளைச் சூடாக்கினுல் ஏற்படும் விளைவு

இவ்விளைவுகள் வியப்பூட்டுபவை. எடுத்துக்காட்டாக நீர்த்த ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலக் கரைசலைக் காய்ச்சி வடித்தால், கலவையில் அமிலத்தின் அளவி 20·24% ஆகும் வரை நீராவி வெளியேற்றப்படுகிறது. அதற்குப் பின்னர் கலவை 110°C-யில் காய்ச்சி வடிக்கப்படுகிறது. அதற்குமாருக செறிவுமிக்க ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலக் கரைசலை சூடாக்கினுல் கலவை யில் அமிலத்தின் அளவு 20·24% ஆகும் வரை ஹைட்ரஜன் குளோரைடு வெளியேற்றப்பட்டு, அதன் பின்னர் கலவை 110°C-யில் காய்ச்சி வடிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு 20-24% அமில முள்ள ஹைட்ரோகுளோரிக் கரைசல் தூயதிரவத்தைப்போல ஒரு மாறிலியான கொதிநிலை உள்ளதாக இருக்கிறது. இதே போல 68·2% அமிலமுள்ள நைட்ரிக் அமிலக்கரைசலும், வளி அழுத்தத்தில் 121.7°C எனும் மாறிலியான கொதிநிலையுள்ள தாக இருக்கிறது. இவை பெருமக் கொதிநிலையுடைய கொதி நிலை மாருக் கலவைகளுக்கு எடுத்துக் காட்டுகளாகும்.

சிறுமக் கொதிநிலையுடைய கொதிநிலை மாருக் கலவை களுக்கு எடுத்துக் காட்டாகப் பின்வருவனவற்றைக் குறிப்பிட லாம். 78·26°C கொதிநிலையுடைய 89·4 மூலக்கூறு சதவீத எத்தனுலின் நீர்க்கரைசல் 78·15°C-யில் கொதிக்கிறது. 60·3 மூலக்கூறு சதவீத எத்தனுலும் (கொதிநிலை 78·26°C), கார்பன் டெட்ரா குளோரைடும் (கொதிநிலை 76·5°C) கலந்த கலவை 64·95°C-யில் கொதிக்கிறது.

அரைகுறையாகக் கலக்கும் திரவங்கள் (Partially soluble liquids)

ஈதரும் நீரும் பீனுலும் நீரும், நிகோடினும் நீரும் போன்ற கலவைகளில் திரவங்கள் அரைகுறையாகக் கலந்திருக்கும். எடுத் க்துகாட்டாக ஈதரும் நீரும் உள்ள கலவையை எடுத்துக் கொள்வோம். ஈதர் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு நீரைக் கரைக்கும். அதேபோல நீரும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு ஈதரைக் கரைக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு நீரில் சிறிதளவு ஈதரைக் கலந்து கொண்டு போனுல் தெவிட்டிய நிலை ஏற்பட்டு அதற்குப் பின்னர் கலவை இரு படலங்களாகப் பிரிந்துவிடும். கீழேயுள்ள படலம்

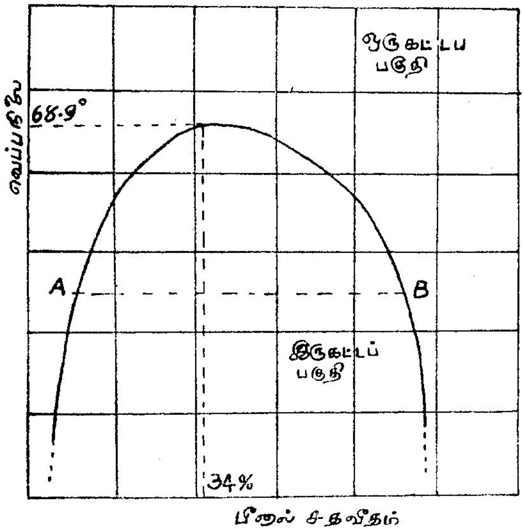
நீரில், ஈதர் கலந்த தெவிட்டிய கரைசலாகவும் மேலேயுள்ள படலம் ஈதரில் நீர் கலந்த தெவிட்டிய கரைசலாகவும் இருக்கும். சமநிலையிலிருக்கின்ற இரு திரவப் படலங்களும் பரிமாற்றும். கரைசல்கள் (conjugate solutions) எனப்படும். இப்படலங்கள் சமநிலையிலிருப்பதால் அவற்றின் ஆவியழுத்தங்கள் சமமாக இருக்கும் மேலும் வெப்பநிலை மாருமல் இருக்கும்போது, இரு படலங்களும் சமநிலையிலிருக்கும்போது, நீரையோ, ஈதரையோ சேர்த்தால் கூட அந்த இருபடலங்களின் கலப்பு விகிதங்கள் மாருது. ஈதரைச் சேர்த்தால் மேல் படலத்தின் பருமன் படிப்படியாக அதிகரித்துக் கீழ்ப்படலத்தின் பருமன் குறையும். இறுதியில் கீழ்ப்படலம் மறைந்துபோய் ஈதரில் நீருள்ள ஓர் படித்தான கரைசல் கிடைக்கும்.

பீனல்—நீர் தொகுப்பு

நீரில் சிறிது சிறிதாக பீனலைச் சேர்த்துக்கொண்டே போனல் ஈதர்-நீர் தொகுப்பில் ஏற்பட்டது போன்ற விளைவுகளேற் படுகின்றன. ஆனல் பீனல் நீரைவிட அடர்த்தி மிக்கது ஆதலால், பீனலில் நீருள்ள கரைசல் கீழேயுள்ள படலமாக இருக்கும். இத்திரவம் பரிமாற்றுக் கரைசல்களாகப் பிரியும்போது கீழேயுள்ளபடலம் பீனலில் நீருள்ள தெவிட்டிய கரைசலாகவும் மேலேயுள்ள படலம் நீரில் பீனலுள்ள தெவிட்டிய கரைசலாகவும் இருக்கும். அழுத்தம் (வளியழுத்தம்) மாறிலியாதலால் வெப்பநிலை மாறும் போது இருபடலங்களின் கலப்பு விகிதங்கள் மாறும். தொகுப்பின் வெப்பநிலை உயரும்போது நீர், பீனல் ஆகியவற்றின் பரஸ்பரக் கரைதிறனும் அதிகமாகிறது. எனவே பீனல் படலத்திலுள்ள நீரின் செறிவும், நீர்படலத்திலுள்ள பீனல் செறிவும் அதிகரிக்கின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் இரு பரிமாற்றக் கரைசல்களுன் கலப்பு விகிதமும் ஒன்ருகிவிடுகின்றது. இந்த வெப்பநிலையில் இரு கரைசல்களும் முற்றிலுமாகக் கலந்து ஒரு படித்தான கரைசலாகி விடுகின்றன. இந்தக் குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை கரைசல் ஒன்றும் மேல் வெப்பநிலை (upper consolute temperature) எனப்படும்.

தொகுப்பின் கலப்பு விகிதத்தையும் வெப்பநிலையையும் இணைத்து வரையப்படும் கோடு பரவளைய வடிவில் படத்தில் காட்டியது போல அமைகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் இரு கரைசல்களின் கலப்பு விகிதங்கள் பரவளையத்தின் எதிர் கிளைகளால் குறிப்பிடப்படும். அவ்விரு கிளைகளையும் இணைக்கும் நேர் கோடு *AB* பிணைப்புக் கோடு (tieline) எனப்படும். ஏனெனில் அது சமநிலையிலுள்ள பரிமாற்றக் கரைசல்களைப்

பிணைக்கிறது. வெப்பநிலை உயரும்போது பரிமாற்றக் கரைசல்களின் கலப்பு விகிதங்கள் ஒன்றையொன்று நெருங்கி இறுதியில் 65·9°C வெப்பநிலையில் ஒன்றாகிவிடும். அப்போது பீனாலின் மாறுதானச் செறிவு 34% ஆகும். 65·9°C என்பது பீனால்-நீர்



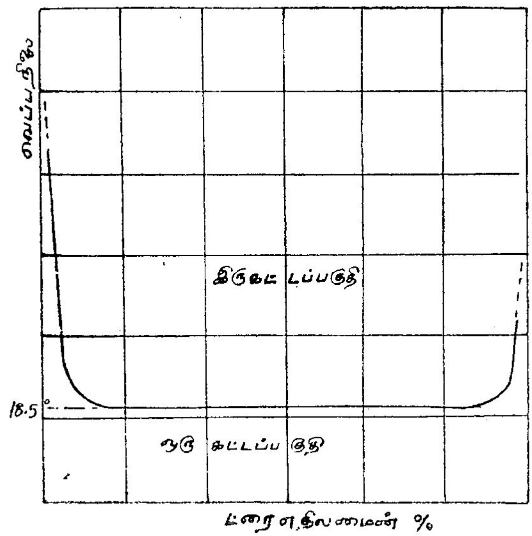
படம் 39

தொகுப்பின்மேல் மாறுதானக் கரைசல் வெப்பநிலையாகும். அதற்கு மேற்பட்ட எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் பீனாலும் நீரும் எல்லாவிதங்களிலும் முழுமையாகக் கலந்துவிடும். ஆனால் அதற்குக் கீழ்ப்பட்ட வெப்பநிலைகளில் கலவை இரு படலங்களாகப் பிரிந்து விடுகிறது.

டிரை எதிலமைன்-தொகுப்பு

இத்தொகுப்பு பீனால்-நீர்த் தொகுப்பிற்கு நேர் எதிரான வகையில் செயல்படுகின்றது. இவ்விரு திரவங்களும் 18·5°Cக்குக் கீழேயுள்ள வெப்பநிலைகளில் எல்லா விகிதங்களிலும் முழுமையாகக் கலந்து விடும். இந்த வெப்பநிலைக்கு மேல் அவை தனியான இரு பரிமாற்றுக் கரைசல்களாகப் பிரிகின்றன. பல அமீன்கள் (Amines) நீருடன் கலக்கும் போது இவ்வாறு நடந்து கொள்கின்றன. தனித்தனியான பரிமாற்றக் கரைசல்கள் ஒன்றாகச் சேர்கின்ற வெப்பநிலை தொகுப்பின் கீழ்

மாறுதானக் கரைசல் வெப்பநிலை எனப்படும். தொகுப்பின் கலப்பு விகிதம்-வெப்பநிலைக்கோடு படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ளது போல இருக்கும்.



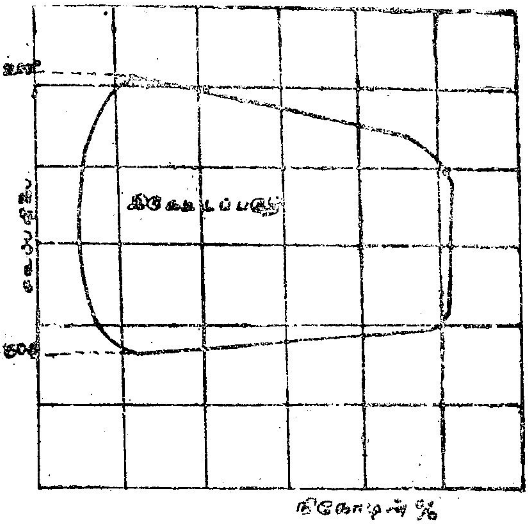
படம் 40

நிகோட்டின்-நீர் தொகுப்பு

இத் தொகுப்பின் கலப்பு விகிதம்—வெப்பநிலை வரைபடம் படத்தில் காட்டியுள்ளது போல முடிவற்ற கோட்டும். இதிலிருந்து தொகுப்பிற்கு ஒரு கீழ் மாறுதானக் கரைசல் வெப்ப நிலையும் (60·8°C), ஒரு மேல்தானக் கரைசல் வெப்பநிலையும் (208 C) உள்ளன என்று தெரிகிறது. எனவே 60·8°C-க் குக்குக் கீழ்ப்பட்ட வெப்பநிலைகளிலும் 208°C-க்கு மேற் பட்ட வெப்பநிலைகளிலும் இரு திரவங்களும் எல்லா விகிதங் களிலும் முழுமையாக ஒன்றோடொன்று கலந்து விடுகின்றன. இந்த இரு வெப்பநிலைகளுக்கு இடையில் இரு தனித்தனியான திரவப் படலங்கள் பிரிந்து விடுகின்றன. ஒன்று நீரில் நிகோடின் கரைந்த கரைசல், மற்றது நிகோடினில் நீருள்ள கரைசலாகும்.

இத்தொகுப்பின் மேலுள்ள அழுத்தத்தை அதிகரித்தால் கீழ் மாறுதானக் கரைசல் வெப்பநிலை படிப்படியாக உயர்கிறது; மேல்

மாறுதானக் கரைசல் வெப்பநிலை படிப்படியாக குறைகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட அழுத்தத்தில் அவையிரண்டும் சமமாகி விடும்.



படம் 41

அந்த அழுத்தத்தில் எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் எல்லா விகிதங்களிலும் இரு திரவங்களும் முழுமையாகக் கலந்துவிடும்.

கரைசல் ஒன்றும் வெப்பநிலைகளைப் பாதிக்கிற அம்சங்கள்

ஒன்றோடொன்று கலக்காத பீனல், நீர்போன்ற திரவங்களின்கலவையின் கரைசல் ஒன்றும் வெப்பநிலை, மூன்றுவது பொருளைச் சேர்ப்பதன் மூலம் கணிசமாகப் பாதிக்கப்படுகிறது. (a) ஒரு திரவத்தில் மட்டுமே கரையக் கூடிய பொருளைச் சேர்த்தால் கலவையின் கரைசல் வெப்பநிலை அதிகமாகிறது. எடுத்துக் காட்டாக, சோடியம் குளோரைடு நீரில் கரையும்; பீனலில் கரையாது. எனவே பீனலும் நீரும் சேர்த்த கலவையில் சோடியம் குளோரைடைச் சேர்த்தால், கரைசல் வெப்பநிலை அதிகரிக்கப்படுகிறது. சேர்க்கப்படும் சோடியம் குளோரைடின் அளவு அதிகரித்தால் இந்த வெப்பநிலை உயர்வும் அதிகரிக்கிறது.

இத் தத்துவைத்தைப் பயன்படுத்தி, சிறுநீரைப் பிரித்தெடுப்பதற்குப் பொறுப்பான சிறு நீரகங்களின் பயன்தரு செயல்

திறனை (functional activity) நிர்ணயிக்கும் முறைகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. சிறுநீரில் கலந்துள்ள பலகரை பொருள்கள் பீனுலில் கரையாதவை. எனவே பீனுலையும், சிறுநீரையும் கலந்து அக்கலவையின் கரைசல் ஒன்றும் வெப்பநிலையைக் கண்டுபிடித்துக் கொண்டால் அது 65·9°C விட அதிகமாயிருப்பது தெரியும். சிறுநீரகங்கள் சரியாகச் செயல்பட்டால் பெருமளவு கழிவுப் பொருள்கள் சிறுநீரினுல் உடலிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்டுவிடும். ஆகவே அப்போது கரைசல் ஒன்றும் வெப்பநிலை 10°யிலிருந்து 16° வரை உயர்ந்திருக்கும். ஆனுல் சிறுநீர் மாதிரியின் மாறுதானக் கரைசல் வெப்பநிலையில் தோன்றும் உயர்வு 8°-க்குக் குறைவாக இருந்தால், அது சிறுநீரகங்கள் சரியாகச் செயல்படவில்லை என்பதைக் குறிக்கின்றது. (b) இருதிரங்களிலும் கரையக்கூடிய ஒரு பொருளைச் சேர்த்தால் கலவையின் சரைசல் ஒன்றும் வெப்பநிலை குறைகிறது. எடுத்துக்காட்டாக சோடியம் ஓலியேட் எனப்படும் சோப்பு, பினுலிலும் நீரிலும் கரையக்கூடியது. எனவே பீனுல்-நீர் தொகுப்பின் கரைசல் ஒன்றும் வெப்பநிலையைச் சோப்பு குறைக்கும். சோப்பின் அளவு அதிகமானுல் இவ்வாறு குறைவதும் அதிகமாகும்.

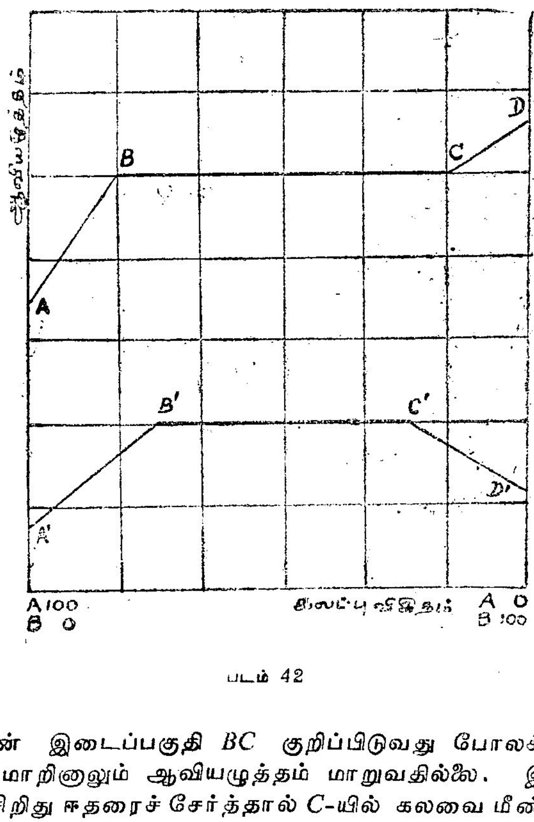
மேற்கூறிய தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி லைசால், பினையில் போன்ற செறிவு மிக்கத் தொற்று நீக்கித் திரவங்களும், நாற்றம் போக்கித் திரவங்களும் தயாரிக்கப்படுகின்றன. பீனுலும் நீரும் அல்லது கிரிசோலும் நீரும் உள்ள கலவைகளில் போதுமான அளவு சோப்பைச் சேர்த்து கலவையின் கரைசல் ஒன்றும் வெப்பநிலை அறை வெப்பநிலையைவிட மிகக்குறைவாக இருக்குமாறு செய்யப்படும். அப்போது தொற்று நீக்கித் திரவம் அறை வெப்பநிலையில் ஒரு படித்தானக் கலவையாக இருக்கும்.

அரைகுறையாகக் கலக்கும் திரவங்களின் ஆவியமுத்தம்

மாருத வெப்பநிலையில் ஈதரும் நீரும் போன்ற இரு அறைக் குறையாகக் கலக்கும் திரவங்களின் கலவையின் ஆவியமுத்தத்தையும், கலப்பு விகிதத்தையும் இணைத்து வரைப்படம் வரைந்தால், படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற கோடுகள் கிடைக்கின்றன.

ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுள்ள நீரில் சிறிது சிறிதாக ஈதரைக் கலந்து கொண்டே போனுல் நீரில் ஈதருள்ள ஓர் படித்தான கரைசல் கிடைக்கிறது. ஈதரின் அளவு அதிகமாகும்போது கலவையின் ஆவியமுத்தம் அதிகமாவதை *AB* பகுதி காட்டு

கிறது. '*B*' எனும் புள்ளியில், நீரில் ஈதருள்ள ஒரு தெவிட்டிய கரைசல் தோன்றிய அதற்குமேல் ஈதர் சேர்க்கப்பட்டால், கலவைஇரு படலங்களாகப் பிரிந்து விடுகிறது. மேல்படலம் ஈதரில் நீருள்ள தெவிட்டிய கரைசலாகவும், கீழ்ப்படலம் நீரில் ஈதருள்ள தெவிட்டிய கரைசலாகவும் இருக்கும். அதற்குப் பிறகு



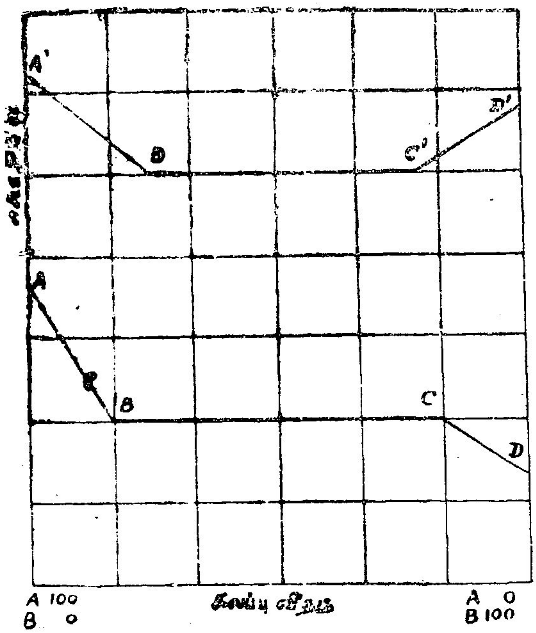
படம் 42

கோட்டின் இடைப்பகுதி *BC* குறிப்பிடுவது போலக் கலப்பு விகிதம் மாறினும் ஆவியழுத்தம் மாறுவதில்லை. இப்போது மேலும் சிறிது ஈதரைச் சேர்த்தால் *C*-யில் கலவை மீண்டும் ஒரு படித்தாகி விடுகிறது. அது ஈதரில் நீருள்ள ஒரு தெவிட்டிய கரைசலாகும். மேலும் ஈதரைச் சேர்த்தால் ஆவியழுத்தம் மீண்டும் உயருகிறது என்பதைக் கோட்டின் *CD* பகுதி காட்டுகிறது.

சிலவகைகளில் கோடு *A'B'C'D* உருவத்தில் அமையக் கூடும்.

அரைகுறையாகக் கலக்கும் திரவங்களைக் காய்ச்சி வடித்தால்

ஈதர்-நீர்த் தொகுப்பின் அழுத்தத்தை (ஒரு வளியமுத்தம்) மாருமல், வைத்துக் கொண்டு தொகுப்பின் கொதிநிலைக்கும் கலப்பு விகிதத்திற்கும் இடையில் வரைபடம் வரைந்தால் படத்தில் காட்டியபடியான கோடு கிடைக்கிறது. தொகுப்பின் கொதிநிலை-கலப்பு விகிதக் கோட்டை (*ABCD*) யும், ஆவியழுத்தம்—கலப்பு விகிதக் கோட்டையும் ஆராய்ந்து



படம் 43

பார்த்தால் அவை ஒன்றுக்கொன்று தலைகீழான விகிதத்தில் உறவு கொண்டிப்பது விளங்கும்.

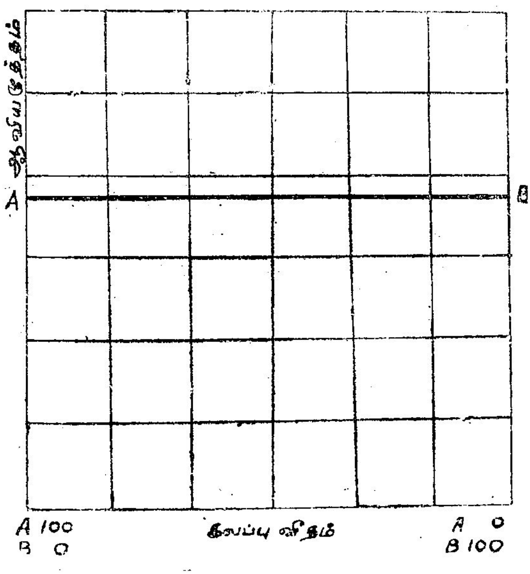
கோட்டில் *AB* எனும் பகுதி நீரில் ஈதரின் ஒரு படித்தான சரைசல்களின் கொதிநிலைகளைக் குறிப்பிடுகிறது. தொடர்ந்து காய்ச்சி வடிக்கும் போது கலவை ‘*B*’-யில் இரு படலங்களாகப் பிரிகிறது- *BC*-பகுதி கிடையாயிருப்பதிலிருந்து, கரைசல் இரு படலங்களாகப் பிரிந்து விட்டபோது, கலப்பு விகிதம் *BC*-யின் மூலம் மாறினலும், தொகுப்பு ஒரு மாருத வெப்பநிலையில் காய்ச்சி வடிக்கப்படுகிறது என்பது புலப்படுகிறது. இருபடலங்கள்

இருக்கும் வரை ஆவியின் கலப்பு விகிதம் மாருமலிருக்கும். எனவே காய்ச்சி வடித்த திரவத்தின் கலப்பு விகிதமும் மாருமலிருக்கும். ஆனல் இந்த கலப்பு விகிதமும், காய்ச்சி வடித்தலுக்குள்ளாகிற தாய்க்கலவையின் கலப்பு விகிதமும் ஒன்றுயிருக்கும் என்று பொருளல்ல. 'C' எனும் புள்ளியில் இரு படலங்களும் சேர்ந்து ஒன்ருகி ஈதரில் நீரின் தொட்டிய கரைசலாகிவிடும். இதைக் காய்ச்சி வடித்தால் CD காட்டுவதுபோல கொதிநிலை, ஆவியின் கலப்பு விகிதம், காய்ச்சி வடித்த திரவத்தின் கலப்பு விகிதம் ஆகிய மூன்றும் தொடர்ந்து மாறிக் கொண்டிருக்கும்.

ஒன்ருேடொன்று கலக்காத திரவங்கள் (Insoluble liquids)

ஒன்ருேடொன்று கலக்காத திரவங்களின் ஆவியழுத்தங்கள் :

சில குறிப்பிட்ட திரவங்கள் ஒன்ருேடொன்று கலக்கவே கலக்காது என்று சொல்வது சரியாயில்லாமலிருக்கலாம். ஆனல் அவற்றின் பரஸ்பர கரைதிறன் அற்பமாக இருக்கும் போது எல்லா நடைமுறைக் குறிக்கோள்களுக்கும் அவை



படம் 44

ஒன்ருேடொன்று கலப்பதில்லை என எடுத்துக் கொள்ளலாம். நைட்ரோ பென்சீனும் நீரும், கார்பன்-டை-சல்பைடும் நீரும் போன்ற கலவைகள் இம்மாதிரித் தொகுப்புகளுக்கு எடுத்துக்

காட்டாகும். இம்மாதிரியான இரு கலக்காத திரவங்கள் ஆவியுடன் சேர்ந்திருக்கும் போது, தொகுப்பின் ஆவியழுத்தம் வெப்பநிலையை மட்டும் பொறுத்திருக்கும். அதாவது ஒரு குறிப் பிட்ட வெப்பநிலையில் எல்லாக் கலப்பு விகிதங்களுக்கும், ஆவி யழுத்தம் மாறிலியாயிருக்கும். ஒவ்வொரு திரவத்தின்]ஆவியழுத் தமும் மற்றதன் ஆவியழுத்தத்தைப் பொறுத்ததல்ல. எனவே இத்தகைய தொகுப்பின் மொத்த ஆவியமுத்தம் கொடுக்கப் பட்ட வெப்பநிலையில் தூய திரவங்களின் தனித்தனியான ஆவி யழுத்தங்களின் கூட்டுத் தொகையாகும். இத்தகைய தொகுப் பின் ஆவியழுத்தம்-கலப்பு விகிதக் கோடு கலப்பு விகித அச்சிற்கு இணையான *AB* எனும் கோடாக படத்தில் காட்டி யுள்ளது போல இருக்கும்.

நீராவிக் காய்ச்சி வடித்தல் (Steam Distillation)

ஒன்றோடொன்று கலக்காத திரவங்களின் கலவையை மாறுத அழுத்தத்தில் (வளிஅழுத்தம்) வைத்துச் சூடாக்கினல் தொகுப்பின் மொத்த ஆவியழுத்தம் வளியழுத்தத்திற்குச் சமாகின்ற ஒரு மாருத வெப்பநிலையில் காய்ச்சி வடிக்கப்படும் தொகுப்பின் மொத்த ஆவியழுத்தமென்பது திரவங்களின் தனித்தனி ஆவியழுத்தங்களின் கூட்டுத் தொகையாதலால் தொகுப்பின் கொதிநிலை, தூய திரங்வகளின் கொதிநிலைகளை விடக் குறைவாயிருக்கும் என்பது வெளிப்படை. மேலும் கலவையில் இரு படலங்கள் இருக்கும்வரை கொதிநிலை, ஆவி யின் கலப்பு விகிதம், காய்ச்சி வடித்த திரவத்தின் கலப்பு விகிதம் ஆகியவை மாருமலிருக்கும். ஏனெனில் தொகுப்பின் மொத்த ஆவியழுத்தம் கலவையிலுள்ள இரு திரவங்களின் விகித அளவைப் பொறுத்தல்ல.

காய்ச்சி வடித்த வெளிப்படுகிற இரு திரவங்களின் ஆவி களின் பருமன்கள், அத்திரவங்களின் தனித்தனிக் கொதிநிலை களில் அவற்றின் ஆவியழுத்தங்களுக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். அதாவது,

ஆவியின் பருமன் $\propto$ கொதிநிலையில் ஆவியழுத்தம் (1)

மேலும் ஆவியின் அடர்த்தி $\propto$ மூலக்கூறு எடை (2)

ஆவியின் நிறை $=$ ஆவியின் பருமன் $\times$ அடர்த்தி (3)

இவற்றிலிருந்து,

ஆவியின் நிறை $=$ ஆவியழுத்தம் $\times$ மூலக்கூறு எடை என்பது விளங்கும்

ஆவியின் நிறை, அதைக் குளிர்வித்தால் கிடைக்கும் திரவத்தின் நிறையும் ஒன்றே. எனவே 'A' திரவத்தின் ஆவியழுத்தம் P_A, மூலக்கூறு எடை M_A, 'B' திரவத்தின் ஆவியழுத்தம் P_B, மூலக்கூறு எடை M_B எனில்

$$\frac{W_A}{M_B} = \frac{P_A\ M_A}{P_B\ M_B}$$

இங்கு W_A, W_B ஆகியவை காய்ச்சி வடித்த கலவையில் A, B ஆகியவற்றின் நிறைகளாகும்.

நீராவி காய்ச்சி வடித்தலில் மேற்கூறிய தத்துவங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இம்முறையில் நீரைவிட அதிகமான கொதிநிலையுள்ளதும், நீரோடு கலக்காததுமான ஒரு திரவத்தின் வழியாக நீராவியைச் செலுத்துவதன் மூலம் அதன் சாதாரணக் கொதிநிலையைவிட மிகக் குறைந்த ஒரு வெப்பநிலையில் அதைக் காய்ச்சி வடிக்க முடியும். அத்திரவத்தை நீருடன் கலந்து கொதிக்கவிட்டாலும் இதே விளைவு கிடைக்குமென்பது உண்மைதான். ஆனால் தொகுப்பின் வழியாக நீராவியைச் செலுத்துவதால் தொகுப்பு நன்கு கிளறப்படுகிறது; திரவங்களுக்கும் ஆவிக்குமிடையே சமநிலை எளிதில் எட்டப்படுகிறது. இரு திரவங்களின் மொத்த ஆவியமுத்தம் வளியமுத்ததிற்குச் சமமாகும்போது கலவை எளிதாகக் காய்ச்சி வடிக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டாக நீரும், புரோமோ பென்சீனும் கலந்த ஒரு கலவையை எடுத்துக் கொள்வோம். அதை வளியழுத்தத்தில் (760 பாதரச மி.மீ.) சூடாக்கினால் 95°C-யில் காய்ச்சி வடிக்கப்படும்.

95°C-யில் நீரின் ஆவியழுத்தம் 364 பா.மி.மீ.,

புரோமோ பென்சீனின் மூலக்கூறுஎடை 157.

நீரின் மூலக்கூறு எடை 18.

தொகுப்பின் மொத்த ஆவியழுத்தம் 95°C-யில் நீரின் ஆவியழுத்தம், புரோமோ பென்சீனின் ஆவியழுத்தம் இவற்றின் கூட்டுத் தொகையாகும். அது வெளியழுத்தமான வளியழுத்தத்திற்குச் சமமாயிருக்கும். எனவே 95°C-யின் புரோமோ பென்சீனின் ஆவியழுத்தம் $= 760 - 634 = 126$ பா.மி.மீ. முன்னர் கண்டபடி

$$\frac{\text{புரோமோ பென்சீனின் எடை}}{\text{நீரின் எடை}} = \frac{127 \times 157}{634 \times 18} = 1{\cdot}734$$

எனவே காய்ச்சி வடித்த திரவத்தில் நீரும் புரோமோ பென்சீனும் 1:1:734 என்ற விகிதத்திலிருக்கும். அதாவது மொத்த திரவத்தில் 63·4% புரோமோ பென்சீனும் இருக்கும். புரோமோ பென்சீனின் சாதாரணக் கொதிநிலை 155·5°C ஆகும். ஆனால் நீருடன் அதைக் கலந்து வளியழுத்தத்தில் காய்ச்சி வடிக்கும் போது அது 95°C-யிலேயே கொதிக்கிறது. காய்ச்சி வடித்த திரவத்தில் 63 சதவீதம் புரோமோ பென்சீன் உள்ளது. பொதுவாக நீர், திரவம் இவற்றின் மூலக்கூறு எடைகளுக்குடையிலுள்ள வேறுபாடு உயர உயர, காய்ச்சி வடித்த கலவையில் திரவத்தின் விகிதமும் அதிகமாக இருக்கும்.

நீராவி காய்ச்சி வடித்தல் செவ்வனே நிகழ்வதற்கு (a) திரவம் நீருடன் கலப்பதாக இருக்கக்கூடாது; (b) திரவத்தின் மூலக்கூறு எடை அதிகமாக இருக்கவேண்டும்; (c) 100°C-யின் திரவத்தின் ஆழுயழுத்தமும் நீரினுடையதைவிட அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

கரிமப் பொருள்களிலிருந்து வேறுவகைகளில் எளிதாகப் பிரித்தெடுக்க முடியாத கசடுகளைப் பிரித்தெடுக்க வழக்கமாக நீராவி காய்ச்சி வடித்தல் பயன்படுகிறது. மேலும் திரவம் அதன் சாதாரணக் கொதிநிலையைவிட மிகக் குறைந்த வெப்பநிலையில் காய்ச்சி வடிக்கப்படுவதால், தம் சாதாரணக் கொதிநிலைகளில் சிதைந்து போகக்கூடிய சிலவகை கரிமத் திரவங்களை சிதையாமல் இம்முறையில் காய்ச்சி வடிக்கலாம்.

திரவங்களில் வாயுக்களின் கரைசல்கள்

ஏறக்குறைய எல்லா வாயுக்களுமே நீரில் கரைந்து உண்மையான கரைசல்களைத் தோற்றுவிக்கும். ஆனால் அவற்றின் கரைதிறன்கள் மாறுபடுகின்றன.

சோதனையின் போதுள்ள வெப்பநிலையிலும், அழுத்தத்திலும் ஒரு மி.லி., கரைப்பானில் கரைகின்ற வாயுவின் மி. லி. பருமன் அதன் கரைதிறன் எனப்படும்.

கொடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையில் ஒரு மி. லி. கரைப்பானில் திட்ட அழுத்த, வெப்பநிலை (*NTP*)யில் கரைகின்ற வாயுவின் மி.லி. பருமன் வாயுவின் உட்கவர்தல் குணகம் (Absorption Coefficient) எனப்படும்.

ஒரு வாயுவின் கரைதிறன், வாயுவின் தன்மை, கரைப்பானின் தன்மை, வெப்பநிலை, அழுத்தம் ஆகியவற்றைப்

பொறுத்தது. சில வாயுக்கள் குறைந்த கரைதிறன் உள்ளவை. சில உயர்ந்த கரைதிரன் உள்ளவை. நீருடன் கலந்து சேர்மங்களாகிற அல்லது அயனிகளாகப் பிரிகிற வாயுக்கள் நீரில் மிகுந்த கரைதிறன் உள்ளவை. நீருடன் கலந்து அம்மோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடு எனும் சேர்மத்தை உண்டாக்குகிற அம்மோனியா வாயு நீரில் பெருமளவில் கரைகிறது. நன்கு கரையக்கூடிய ஹைட்ரஜன் குளோரைடு நீரில் அயனியாகப் பிரிகின்றது. எளிதில் திரவமாகப்படக்கூடிய கரியமிலவாயு, கந்தக-டை-ஆக்ஸைடு போன்றவை நீரில் சுமாராகக் கரையக் கூடியவை. ஹைட்ரஜன், ஆக்ஸிஜன், நைட்ரஜன் போன்ற நிரந்தர வாயுக்கள் மிகக்குறைந்த அளவே நீரில் கரையும்.

நைட்ரஜனும், ஆக்ஸிஜனும், ஒரே மாதிரியான சூழ்நிலைகளில் நீரைவிட ஆல்கஹாலில் அதிக அளவில் கரைகின்றன.

வெப்பநிலை உயரும்போது வாயுக்களின் கரைதிறன் குறைகிறது. ஹைட்ரஜன் சல்பைடு கரைந்த நீரைச் சூடாக்கினால் வாயு வெளியேறிவிடுவது நன்கு தெரிந்ததே.

வாயுவின் கரைதிறனும், அழுத்தமும்—ஹென்றியின் விதி

அழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு கரைப்பானில் கரையக் கூடிய வாயுவின் அளவு அதிகரிக்கிறது. ஒரு திரவத்தில் ஒரு வாயுவின் கரைதிறனுக்கும், வாயுவின் அழுத்தத்திற்குமுள்ள உறவை ஹென்றியின் விதி விளக்குகிறது. அது கூறுவதாவது:

"வெப்பநிலை மாறிலியாக உள்ளபோது ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனுள்ள கரைப்பானில் கரையக்கூடிய வாயுவின் நிறை, கரைசலுடன் சமநிலையிலிருக்கின்ற வாயுவின் அழுத்தத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும்."

'P' அழுத்தத்தில், கரைப்பானின் அலகுப் பருமத்தில், கரையக்கூடிய வாயுவின் நிறை 'W' எனில் ஹென்றியின் விதிப்படி $W = KP$.

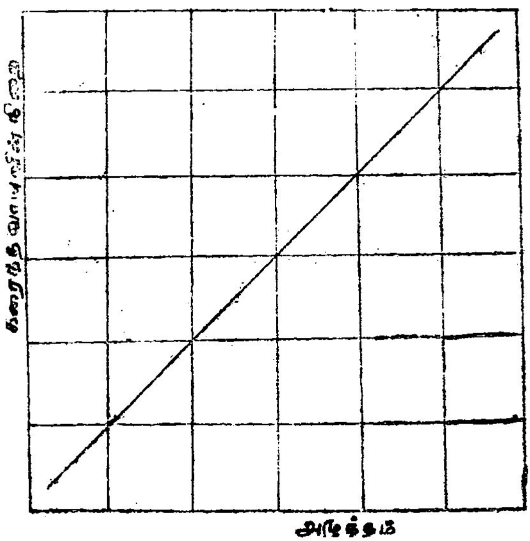
'K' என்பது விகித மாறிலி. இதன் பரிமாணம் வாயு, கரைப்பான் ஆகியவற்றின் தன்மையையும், W, P ஆகியவற்றின் அலகுகளையும் பொறுத்திருக்கும்.

பின்வரும் எடுத்துக்காட்டிலிருந்து ஹென்றியின் விதியை மெய்ப்பிக்கலாம். ஒரு வளி அழுத்தத்தில் 18°C வெப்பநிலையில்

ஒரு லிட்டர் நீரில் 46 மில்லிகிராம் ஆக்ஸிஜன் கரையும். அதே வெப்பநிலையிலும் 10 வளி அழுத்தத்திலும் ஒரு லிட்டர் நீரில் கரையக்கூடிய ஆக்ஸிஜனின் நிறை 460 மில்லி கிராமாகும். கரையக்கூடிய வாயுவின் நிறைதான் அழுத்தத்தோடு உயருகிறது, பருமனல்ல என்பதைக் கவனிக்கவும். உண்மையில் கரைகின்ற வாயுவின் பருமன் அழுத்தத்தைப் பொறுத்ததல்ல. மேலே கண்ட எடுத்துக் காட்டில் பாயிலின் விதிப்படி 10 வளியழுத்தத்தில் 460 மில்லிகிராம் ஆக்ஸிஜன் பருமனும், ஒரு வளியழுத்தத்தில் 46 மில்லிகிராம் ஆக்ஸிஜனின் பருமனும் சமமாயிருக்கவேண்டும். எனவே ஹென்றியின் விதியைப் பின்வருமாறும் கூறலாம்.

"ஒரு மாறிலியான வெப்பநிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனுள்ள கரைப்பானால் கரைக்கப்படும் வாயுவின் பருமன், அதன் அழுத்தத்தைப் பொறுத்ததல்ல.

ஹென்றியின் விதியின் இரு கூற்றுகளையும் வரைபடமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. இரு வரைபடங்களும் நேர்கோடு

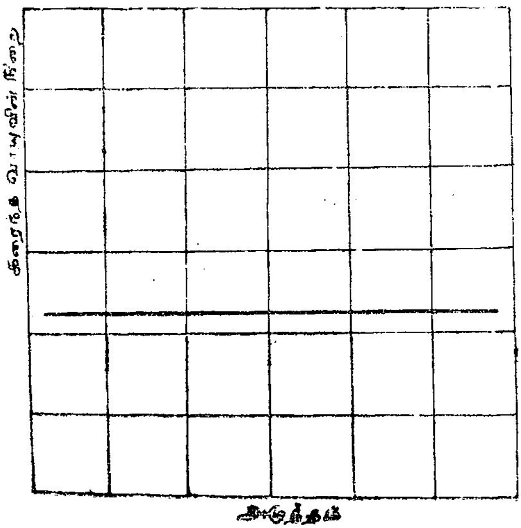


படம் 45

களாகும். ஆனால் முதல் படத்தில் கோடு மேல் நோக்கிச் செல்கிறது. இது கூற்றிற்குச் சரியானது. இரண்டாவது படத்தில்

கோடு அழுத்த அச்சிற்கு இணையாக உள்ளது. இது இரண்டாம் கூற்றை ஒத்துள்ளது.

மற்றெல்லாம் வாயுவிதிகளையும் போலவே ஹென்றியின் விதியும் சாரணவாயுக்களுக்கு சுமாராகவே பொருந்துகிறது. இருப்பினும் அழுத்தம் மிக அதிகமாகவோ, வெப்பநிலை மிகக் குறைவாகவோ இல்லாதபோது ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன்,



படம் 46

நைட்ரஜன் போன்ற சிறிதே கரையக்கூடிய வாயுக்களின் நடத்தையை செம்மையாக விளக்குகிறது. கரைப்பானுடன் இரசாயன முறையில் இணைகின்ற அல்லது மிகுந்த அளவில் கரைகின்ற வாயுக்களுக்கு இந்த விதி பயனற்றுப் போகிறது.

ஒரு கரைப்பானில் பலவாயுக்கள் கரையும்போது ஒவ்வொரு வாயுவிற்கும் தனித்தனியாக ஹென்றியின் விதி பொருந்தும். அங்கு 'W' என்பது ஒரு வாயுவின் நிறையையும், 'P' என்பது அதன் பகுதி அழுத்தத்தையும் குறித்தால் $W = KP$.

கரைசல்களில் வாயுக்களின் கரைதிறன்

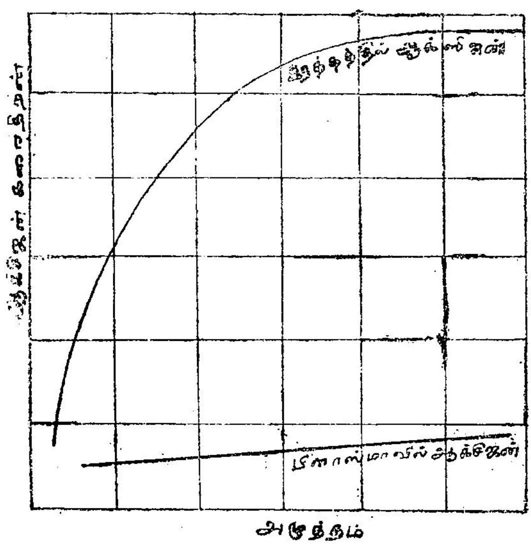
இன்னொரு மின்னுற் பகுபடு அல்லது மின்னுற் பகுபடாத கரை பொருள் கரைந்த நீரில், ஒரு வாயுவைக் கரைத்தோ

மானுல் அதன் கரைதிறன் குறைந்திருப்பதைக் காணலாம் வாயுவும், முன்னரே கரைசலிலுள்ள கரைபொருளும் இரசாயன முறையில் சேராதபோதே இம்மாதிரி ஏற்படும். தூயநீரில் வாயுவின் கரைதிறன் ஹென்றியின் விதிப்படி இருந்தால், கரைசலிலும் வாயுவின் கரைதிறன் ஹென்றியின் விதிப்படியே இருக்கும்.

ஆனுல் மற்ற கரை பொருளுடன் வாயு இரசாயன முறையில் இணையுமானுல், கரைசலில் வாயுவின் கரைதிறன் அதிகமாகி விடுகிறது.

இரத்தத்திலும் பிளாஸ்மாவிலும் வாயுவின் கரைதிறன்

இரத்தத்தில் இரு பகுதிகள் உள்ளன-ஒன்று பிளாஸ்மா எனப்படும் திரவ ஊடகம்; மற்றது இரத்த அணுக்கள் முதலிய பல்வேறு செல்கள் அடங்கிய பரவிய பொருள்கள். இரத்தத்திலிருந்து பரவியுள்ள பொருள்களை எடுத்து விட்டால் பிளாஸ்மா மிஞ்சும். இரத்த பிளாஸ்மாவில், இரத்தத்தை உறையச்



படம் 47

செய்கின்ற பைபிரினோஜன் (fibrinogen) என்ற பொருள் உள்ளது. அதையும் பிளாஸ்மாவிலிருந்து நீக்கிவிட்டால் மீதியுள்ள திரவம் இரத்தசீரம் எனப்படும். இரத்தப் நுரையீரலி

லிருந்து உடலின் பல பாகங்களுக்கு ஆக்ஸிஜன் எடுத்துச் செல்கிறது ; உடலின் பல பாகங்களிலிருந்து கரியமிலவாயுவை நுரையீரலுக்குக் கொண்டு வருகிறது. ஆகவே மூச்சுவிடுதல் என்பது இரத்தத்தில் ஆக்ஸிஜனும், கரியமில வாயுவும் கரைவதைப் பொறுத்ததேயாகும். இரத்தத்தில் சிவப்பு அணுக்களில் ஹீமோகுளோபின் உள்ளது. அது ஆக்ஸிஜனுடன் இணைந்து ஆக்ஸிஹீமோகுளோபின் ஆக மாறும். அழுத்தம் குறையும் போது இதிலிருந்து ஆக்ஸிஜன் எளிதாக வெளியேறிவிடும். ஹிமோகுளோபினுக்கும். ஆக்ஸிஜனுக்கும் இடையில் நிகழ்கின்ற இரசாயன மாற்றத்தினால், ஆக்ஸிஜன் குறிப்பிட்ட அழுத்தத்தில் ஹென்றியின் விதி கூறுவதைவிட அதிக அளவில் இரத்தத்தில் கரைகிறது. இருப்பினும் ஆக்ஸிஜன் பிளாஸ்மாவில் கரைவது ஹென்றியின் விதிப்படி உள்ளது. ஏனெனில் பிளாஸ்மாவில், ஆக்ஸிஜனுடன் இரசாயன முறையில் இணையக் கூடிய பொருள்கள் எதுவும் இல்லை.

எனவே ஆக்ஸிஜன் நீரில் இரத்த பிளாமாவைவிட அதிக அளவிலும், முழு இரத்தத்தில் நீரைவிட அதிக அளவிலும் கரைகிறது.

இரத்தத்திலோ, பிளாஸ்மாவிலோ கரியமிலவாயு உட்கவரப்படுவதும், ஹென்றியின் விதிப்படி இல்லை. பிளாஸ்மாவிலுள்ள கார்பனேட்டுகளோடும், புரோட்டீன் உப்புகளோடும் கரியமில வாயு இரசாயனச் சேர்க்கை செய்வதால் அதன் கரைதிறன் அதிகமாயிருக்கிறது.

5. நீர்த்த கரைசல்களின் தன்மைகள்

நீர்த்த கரைசல்களின் தொகைசார் (Colligative) *தன்மைகள்*

மின்னூற் பகுபடாத பொருள்களின் நீர்த்த கரைசல்களின் சில தன்மைகள் கரைபொருள்கள் மூலக்கூறின் தன்மையைப் பொறுத்து இல்லாமல் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு கரைசலில் உள்ள கரைப் பொருள் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை மட்டுமே பொறுத்துள்ளன. இவற்றை நீர்த்த கரைசல்களின் தொகை சார் தன்மைகள் என்போம். அவற்றுள் முக்கியமானவை (1) ஆவியத்தம் குறைதல் (2) கொதிநிலை ஏற்றம் (3) உறை நிலை இறக்கும் (4) சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் ஆகும். ஒரு குறிப்பிட்ட கரைப்பானில் உள்ள, ஒரே செறிவுள்ள எல்லாக் கரைசல்களுக்கும் இவற்றின் மதிப்புகள் சமமாயிருக்கும். இவை ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புள்ள பண்புகள். ஒரு தன்மையின் மதிப்பு தெரிந்தால் அதே கரைசலுக்கு மற்ற தன்மைகளின் மதிப்புகளையும் கணக்கிட்டுவிடலாம். மேலும் ஒரு தன்மையின் மதிப்பை வைத்துக் கொண்டு அக்கரைசலின் செறிவையும் கணக்கிடலாம். அதேபோல கரைசலில் செறிவிலிருந்து தொகைசார் தன்மைகளின் மதிப்புக்களைக் கண்டுபிடிக்க முடியும்.

ஆவியழுத்தம் குறைதல்

எளிதில் ஆவியாகும் திரவங்கள் எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் ஆவியாகும். அவ்வாறு வெளிவரும் ஆவி ஒரு குறிப்பிட்ட அழுத்தத்தைச் செலுத்தும். அந்த அழுத்தத்தில் அளவு வெப்ப நிலையைப் பொறுத்திருக்கும். இந்த அழுத்தத்தை, அந்த வெப்பநிலையில் திரவத்தின் ஆவியழுத்தம் என்று சொல்கிறோம். எளிதில் ஆவியாகாத ஒரு கரைபொருளை, எளிதில் ஆவியாகும் கரைப்பானில் கரைத்தால், கரைப்பானின் ஆவியழுத்தம் குறைகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் கரைசலின் ஆவியழுத்தம் கரைப்பானின் ஆவியழுத்தத்தைவிடக் குறைவாயுள்

ளது. இவ்வாறு ஏற்படும் குறைவு கரைசலின் செறிவுக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். கரைசலின் செறிவுக்கும், அதன் ஆவியழுத்தத்திற்கும் இடையிலுள்ள தொடர்பு ரவூல்டினுல் வருவிக்கப்பட்டுள்ளது.

எளிதில் ஆவியாகாத கரைபொருளைக் கரைப்பானில் சேர்ப்பதால் ஏற்படும் ஒப்பு ஆவியமுத்தக் குறைவு கரைசலில், கரைபொருளின் மூலக்கூறு பின்னத்திற்குச் சமம் என்று ரவூல்ட்டின் விதி கூறுகிறது. இதே விதியை முன்னர் நன்கு கலக்கக்கூடிய திரவங்களின் இலட்சியத் தொகுப்பைப் பற்றி பயில்கையில் வேறு உருவத்தில் கண்டோம்.

குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் தூய கரைப்பானின் ஆவியழுத்தம் 'P_0', கரைசலின் ஆவியழுத்தம் 'P' எனில்

ஆவியமுத்தத்தில் ஏற்படும் குறைவு $= P_0 - P$

ஒப்பு ஆவியழுத்தக் குறைவு $= \dfrac{P_0 - P}{P_0}$ (1)

கரைசலில் கரைபொருளின் கிராம் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை 'n', கரைப்பானின் கிராம் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை 'N' எனில் கிராம் மூலக்கூறு பின்னம்

$$= \frac{n}{N+n} \qquad (2)$$

கரைபொருளின் கிராம் மூலக்கூறு பின்னம் (Mole Fraction) என்பது கரைபொருளின் கிராம் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கைக்கும், கரைசலில் உள்ள மொத்த கிராம் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள

எனவே ரவூல்ட்டின் விதிப்படி

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{n}{N+n} \qquad (3)$$

கரைபொருளின் எடை 'W_1' கிராம்கள், மூலக்கூறு எடை M_1 எனில்

$$n = \frac{W_1}{M_1}$$

அதேபோல கரைப்பானின் எடை 'W_2' கிராம்கள், மூலக் கூறு எடை M_2 எனில்

$$N = \frac{W_2}{M_2}$$

எனவே $$\frac{P_0-P}{P_0} = \frac{W_1/M_1}{\frac{W_2}{M_2}+\frac{W_1}{M_1}} \qquad (4)$$

மற்றெல்லா அளவுகளும் தெரிந்தால் கரைபொருளின் மூலக் கூறு எடையைக் கண்டுபிடிக்க இச்சமன்பாட்டைப் பயன் படுத்தலாம்.

மிகவும் நீர்த்த கரைசல்களில் 'N' மதிப்போடு ஒப்பிடுகையில் 'n' மிக அற்பமானது. எனவே (4) வது சமன்பாட்டைப் பின்வருமாறு எளிதாக்கலாம்.

$$\frac{P_0-P}{P_0} = \frac{n}{N} = \frac{W_1/M_1}{W_2/M_2}$$

அதாவது

$$\frac{P_0-P}{P_0} = \frac{W_1 M_2}{W_2 M_1} \qquad (5)$$

எடுத்துக்காட்டு

100 கிராம் ஈதரில் 11·35 கிராம் அங்ககப் பொருள் உள்ள கனரசலின் ஆவியழுத்தும் 360·1 பாதரச மி. மீ. அதே வெப்ப நிலையில் தூய ஈதரின் ஆவியழுத்தம் 383 பாதரச மி.மீ. ஈதரின் மூலக்கூறு எடை 74-ஆனல் அங்கப் பொருளின் மூலக்கூறு எடையைக் கணக்கிடு.

$$\frac{P_0-P}{P_0} = \frac{W_1/M}{\frac{W_2}{M_2}+\frac{W_1}{M_1}}$$

எனவே $$\frac{383-360\cdot1}{383} = \frac{11\cdot35/M_1}{\frac{100}{74}+\frac{11.35}{74}}$$

அல்லது $$\frac{22\cdot9}{383} = \frac{11\cdot35/M}{\frac{100}{74}+\frac{11\cdot35}{74}}$$

அல்லது $$22 \cdot 9 \left(\frac{100}{74} + \frac{11 \cdot 35}{M_1} \right)$$
$$\left(\frac{11.35}{M_1} \right) \times 383$$

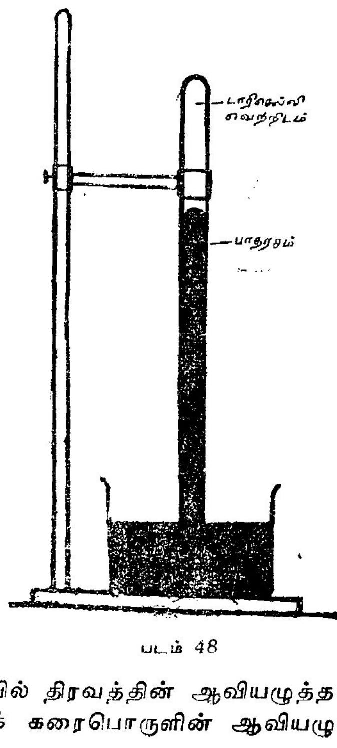
அல்லது $$30 \cdot 94 + \frac{259 \cdot 9}{M_1} = \frac{4347}{M_1}$$

அல்லது $$\frac{4347}{M_1} \quad \frac{259 \cdot 9}{M_1} = 30 \cdot 94$$
$$\therefore M_1 = 132.1$$

ஆவியழுத்தத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

(a) ரவூல்டின் முறை

இம்முறையில் ஆவியழுத்தத்தை நேரடியாகக் கண்டு பிடிக்கலாம். இது மிகவும் எளிமையான ஒன்று. ஒரு பாரமானிக் குழாயில் பாதரசத்தை நிரப்பி, அதை ஒரு பாதரசக் கிண்ணத்தில் கவிழ்த்து செங்குத்தாகப் பொருத்து. சுமார் 76 செ.மீ. உயரத்திற்குப் பாதரசத் தம்பமும் அதற்கு மேலே டாரிசெல்லியின் வெற்றிடமும் இருக்கும். பாதரசத் தம்பத்தின் துவக்க உயரத்தைக் குறித்துக் கொள். சிறிதளவு தூய கரைப்பானைக் குழாய்க்குள் செலுத்தினால் அது பாதரசத் தம்பத்தின் உச்சியில் போய், டாரி செல்லியின் வெற்றிடத்தில் ஆவியாகும். அதன் அழுத்தத்தினால் பாதரசமட்டம் கீழே அமுக்கப்பட்டு இறங்கும். சமநிலையை எட்டிய பின்னர் தம்பத்தின் உயரம் மாருமல் நிற்கும். அந்த உயரத்தை அளந்து கொள்ளவும். இரு உயரங்களுக்கும் இடையிலுள்ள



படம் 48

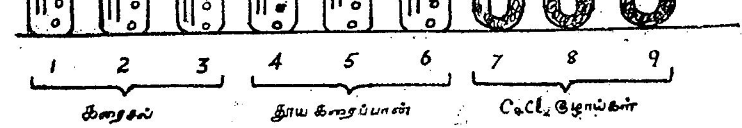
வித்தியாசம், அறை வெப்பநிலையில் திரவத்தின் ஆவியழுத்தத்திற்குச் சமமாகும். இதேபோலக் கரைபொருளின் ஆவியழுத்

த்தையும் கண்டுபிடித்துக் கொள்ளலாம். இவ்விரு ஆவி யழுத்தங்களிலிருந்து ஒப்பு ஆவியழுத்தக் குறைவைக் கணக் கிடலாம்.

ஆஸ்ட் வால்ட், வாக்கர் முறை

இது ஒரு இயங்கு (Dynamic) முறை. தூய கரைப்பான் வழி யாகவும், கரைசலின் வழியாகவும் காற்றைச் செலுத்தி, அது வெளியே கொண்டு வருகிற கரைப்பானின் (நீரின்) எடையைக் கண்டுபிடித்து அதிலிருந்து ஆவியழுத்தம் கணக்கிடப்படுகிறது. உலர்ந்த காற்றைக் கரைசலின் வழியே செலுத்தினுல் அது இன்னும் சிறிது கரைப்பானின் ஆவியை உறிஞ்சிக் கொண்டு தூய கரைப்பானின் ஆவியழுத்தத்தின் அளவிற்குத் தெவிட்டிய நிலே அடைகிறது. எனவே தூய கரைப்பானிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட ஆவியின் அளவு கரைப்பானின் ஆவியழுத்தத் திற்கும், கரைசலின் ஆவியழுத்தத்திற்கும் இடையிலுள்ள வேறு பாட்டிற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இறுதியில் இந்தக் காற்றை நீர் நீக்கிய கால்ஷியம் குளோரைடு வழியே செழுத்தி ஞல், அதிலுள்ள ஈரம் முழுவதையும் கால்ஷியம் குளோரைடு உறிஞ்சிவிடும். இவ்வாறு உறிஞ்சப்பட்ட நீரின் அளவு தூய கரைப்பானின் ஆவியழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்.

இச்சோதனைக்கான கருவியமைப்பு படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ளது. முதல் மூன்று குடுவைகளில் கரைசலும், அடுத்த



படம் 49

மூன்று குடுவைகளில் தூய கரைப்பானும் (நீர்) உள்ளன. தூய கரைப்பானுள்ள குடுவைகளேச் சோதனைக்கு முன் நிறுத்து எடைகண்டு பிடித்துக் கொள்ளப்படும். அதேபோல எடை கண்டு பிடித்துக் கொள்ளப்பட்ட கால்ஷியம் குளோரைடு குழாய்

களை இவற்றோடு இணைக்கவேண்டும். தூய உலந்த காற்றை முதலில் கரைசல் வழியாகவும் இறுதியில் கால்ஷியம் குளோரைடு வழியாகவும் செலுத்த வேண்டும். போதுமான நேரத்திற்குக் காற்றைச் செலுத்திய பின்னர் கருவியமைப்பைப் பிரித்தெடுத்து; கரைப்பானுள்ள குடுவைகளையும், கால்ஷியம் குளோரைடு குழாய்களையும் நிறுத்து எடைகண்டுபிடிக்க வேண்டும்.

சோதனைக்கு முன்னும் பின்னும் தூய கரைப்பான் உள்ள குடுவைகளின் எடைகளுக்கிடையிலுள்ள வேறுபாடு அக் குடுவைகளிலிருந்து காற்று எடுத்துக் கொண்ட நீரின் அளவாகும். அது தூய கரைப்பானுடைய ஆவியமுழுத்தத்திற்கும், கரைசலின் ஆவியழுத்தத்திற்கும் உள்ள வேறுபாட்டிற்கு (P_0-P) நேர்விகிதத்திலிருக்கும். கால்ஷியம் குளோரைடு குழாய்களின் வழியாகச் செல்லும் காற்று தூய கரைப்பானின் ஆவியமுழுத்தத்திலுள்ள நீராவியால் தெவிட்டிய நிலையிலிருக்கும். எனவே கால்ஷியம் குளோரைடு காற்றிலிருந்து உறிஞ்சிய நீரின் அளவு தூய கரைப்பானின் ஆவியமுழுத்தத்திற்கு (P_0) நேர் விகிதத்திலிருக்கும். ஆகையால் இந்த எடைகளிலிருந்து ஒப்பு ஆவியமுழுத்தக் குறைவைக் $\left(\frac{P_0-P}{P_0}\right)$ கணக்கிடலாம்.

தெரிந்த எடையுள்ள கரை பொருளையும் கரைப்பானையும் எடுத்துக் கொண்டு இம்முறைகளால் கரைப்பொருளின் மூலக் கூறு எடையினைக் கண்டுபிடிக்கலாம். கரைப்பானின் மூலக் கூறு எடையை அட்டவணைகளிலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம்.

கொதிநிலை ஏற்றமும், உறைநிலை இறக்கமும்

ஒரு கரைசலின் ஆவியழுத்தம், கரைப்பானின் ஆவியழுத் தத்தைவிடக் குறைவு என முன்னரே கூறப்பட்டுள்ளது. ஆவி யழுத்தம் குறைவதனால் கரைசலின் கொதிநிலை அதிகமாகிறது. எனவே கரைசலின் கொதிநிலை தூய கரைப்பானின் கொதி நிலையைவிட அதிகமாயிருக்கும். இதேபோல ஒரு கரைசலின் உறைநிலை தூய கரைப்பானின் உறைநிலையைவிடக் குறை வாயிருக்கும். தூய கரைப்பானின் கொதிநிலை ஏற்றமும் உறைநிலை இறக்கமும் கரைபொருளின் மூலக்கூறுச் செறிவுக்கு (Molar Concentration) நேர்விகிதத்திலிருக்கும். ரஹூல்ட் மின்னற் பகுபடா பொருள்களை பல்வேறு கரைப்பான்களில் கரைத்து நீர்த்த கரைசல்களாக்கிச் சோதனை செய்து கொதி நிலை ஏற்றம் அல்லது உறைநிலை இறக்கத்திற்கும், கரை

பொருளின் மூலக்கூறு செறுவிற்கும் இடையில் ஓர் உறவைக் கண்டுபிடித்தார். அவர் இரு விதிகளையும் உருவாக்கினர். அவை பின்வருமாறு:

1. ***முதல் விதி*** ஒரு கரைசலின் கொதிநிலை ஏற்றம் அல்லது உறைநிலை இறக்கம் கிராம் மூலக்கூறு கரைத்திறனுக்கு [1000 கிராம் கரைப்பானில் கரைந்துள்ள கரைபொருளின் கிராம் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கைக்கு, Molality] நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

1. ***இரண்டாம் விதி*** ஒரு குறிப்பிட்ட கரைப்பானின் குறிப்பிட்ட அளவில் வெவ்வேறு கரைபொருள்களின் சமமான எண்ணிக்கையுள்ள மோல்கள் (கிராம் மூலக்கூறுகள்) கரைக்கப்பட்டிருந்தால் அக்கரைசல்களின் கொதிநிலை ஏற்றங்களும், உறைநிலை இறக்கங்களும் சமமாக இருக்கும். அதாவது ஒரு கரைப்பானின் வெவ்வேறு மின்னற் பகுபடாப் பொருள்களின் சமமான எண்ணிக்கையுள்ள மோல்கள் (கிராம் மூலக்கூறுகள்) கரைக்கப்பட்டிருந்தால் அக்கரைசல்கள் யாவும் ஒரே கொதிநிலையும், ஒரே உறைநிலையும் உள்ளவையாயிருக்கும்.

இவ்விரு விதிகளும் மின்னற் பகுப்படாப் பொருள்களின் நீர்த்த கரைசல்களுக்கு மட்டுமே பொருந்தும்.

கொதிநிலை ஏற்றத்தைக் கண்டுபிடித்தல் :

எபுல்லியோஸ்கோப் முறை (Ebullioscope Method)

நீர்த்த கரைசல்கள் மட்டுமே ரவூட்டின் விதியைப் பின்பற்றுவதால், கொதிநிலை ஏற்றம் மிகக் குறைவாயிருக்கும். எனவே ·01 டிகிரி வரை அளக்கவல்ல மிகவும் நுட்ப உணர்வுள்ள வெப்பநிலைமானிகள் தேவைப்படும். பெக்மன் என்பார் இத்தகைய ஒரு வெப்பநிலைமானியை உருவாக்கியுள்ளார்.

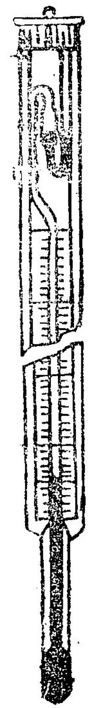
பெக்மன் வெப்பநிலைமானி (Beckmann's Thermometer)

இந்த வெப்பநிலைமானி திரவங்களின் கொதிநிலையை நேராகக் காட்டுவதில்லை. கரைசல்களின் கொதிநிலைக்கும் கரைப்பான்களின் கொதிநிலைக்கும் இடையிலுள்ள வேறுபாட்டை மட்டுமே அளக்கப்பயன்படுகிறது. இந்த வெப்பநிலைமானி படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதில் பாதரசமுள்ள ஒரு பெரிய குமிழ் உள்ளது. அதோடு ஒரு மெல்லிய நுண்புழைக் குழாய் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் நுண்புழைக் குழாயின் உச்சி

யில் ஒரு தேக்கிக் குமிழ் உள்ளது. வெப்பமானியின் தண்டு 5 டிகிரிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும் ஆனல் ஒவ்வொரு டிகிரியும் 100 பகுதிகளாக மேலும் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். எனவே வெப்பநிலைமானியில் ஒரு பகுதி 0·01 டிகிரியைக் குறிக்கிறது. பயன்படுத்துவதற்கு முன் வெப்பநிலைமானியைத் தயார் செய்துகொள்ள வேண்டும்.

வெப்பநிலைமானிக் குழிழை கொதிக்கின்ற ஒரு திரவத்தில் வைக்கவும். பெரும்பாலான பாதரசம் மேலேயுள்ள தொட்டிக் குழாயில் போய்ச் சேர்ந்துவிடும். இப்போது வெப்பநிலைமானியை லேசாகத் தட்டி தண்டிலுள்ள பாதரச இழையை, தேக்கிக் குமிழிலுள்ள பாதரசத்திலிருந்து பிரித்து விடவும். இப்போது வெப்பநிலைமானியை கொதித்துக் கொண்டிருக்கிற தூய கரைப்பானில் வைத்து, பாதரச இழையின் மேல்மட்டம் அளவீடுகளின் அடிப்பகுதியில் இருக்குமாறு பாதரச இழையின் நீளத்தைச் சரிப்படுத்தவும். இப்போது கொதிநிலை ஏற்றத்தை அளப்பதற்கு வெப்பநிலைமானி தயார் ஆகிவிட்டது.

இம்முறையில் திரவம் அதில் அமிழ்த்தி வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மின்சாரச் சூட்டுச் சுருளினுல் சூடாக்கப்படுகிறது. இதனுல் திரவம் மிக சூடாக்கப்படுவது தவிர்க்கப்படுவதால் விளைவுகள் துல்லியமாக இருக்கும். சோதனைக்கான கருவி படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

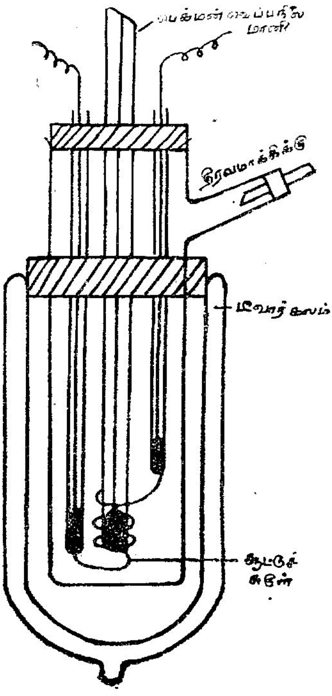


படம் 50

பைக்லோ—மாத்யூஸ் முறை

இக்கருவியமைப்பில் ஒரு பக்க குழாயுடன் கூடியதும் தட்டையான அடிபாகமுள்ளதுமான ஒரு கொதிநிலைக் குழாய் உள்ளது. அதை மூடியுள்ள தக்கையின் வழியாக ஒரு பெக்மன் வெப்பமானிக் குமிழும் இரு கண்ணுடிக் குழாய்களின் வழியாகச் செப்புக் கம்பிகள் செலுத்தப்பட்டு பிளாட்டினச் சூட்டுச் சுருளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. சூட்டுச் சுருள் கொதிநிலைக் குழாயின் அடிப்பரப்பிற்கு மிக அண்மையில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். சூடாக்கும் போது உண்டாகும் ஆவிக்குமிழிகள் மேலெழும்பி திரவப் பரப்பை அடையும். இக்குமிழிகள் திரவம் முழுவதையும் நன்கு கிளறிவிட்டு அடியில் திரவப் படலம்

தேங்கி நிற்காமல் செய்கின்றன. இதனால் திரவம் முழுவதும் ஒரே வெப்பநிலையுள்ளதாக்கப்பட்டு மிகு சூடாக்கப்படுவதாலும் தவிர்க்கப்படுகிறது. ஒரு மாற்றத்தக்க மின் தடையின் உதவியால், சூடாக்குதல் கட்டுப்படுத்தப்படும். கொதிகலக் குழாயின் பக்கக் குழாய் ஒரு திரவமாக்கியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஆகவே திரவத்தின் ஆவி குளிர்ந்து திரவமாகி மீண்டும் இக் குழாயினுள் வந்து சேர்ந்து விடும். இதனால் திரவம் இழக்கப்படுவது தவிர்க்கப்படுகிறது. கொதிகலம் ஒரு ரசம் பூசப் படாத சுவர்களுடைய டீவார் வெற்றிடக் குடுவைக்குள் தக்கைகளின் மேல் நிறுத்தி வைக்கப்படும். அதனால் வெப்ப இழப்பும், வெப்பநிலை மாறுதல்களும் தவிர்க்கப்படுகின்றன. கொதிகலத்தில் குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள தூய கரைப்பான் சூடாக்கப் படுகிறது. வெப்பநிலை மானியில் காட்டப்படும் மாறிலியான அளவீடு, திரவத்தின் கொதிநிலையைத் தரும். பிறகு தக்க நிறையுள்ள கரைபொருளைத் திரவத்தோடு சேர்த்து சூடாக்கப் படும். மீண்டும் முன்போலவே கரைசலின் கொதிநிலை கண்டு பிடிக்கப்படுகிறது. இவற்றிலிருந்து கொதிநிலை ஏற்றத்தையும் கணக்கிடலாம். கொதிகலத்திலுள்ள அழுத்தத்தை மாறாமல் வைத்துக்கொண்டால் இன்னும் துல்லியமான முடிவுகள் கிடைக்கும்.

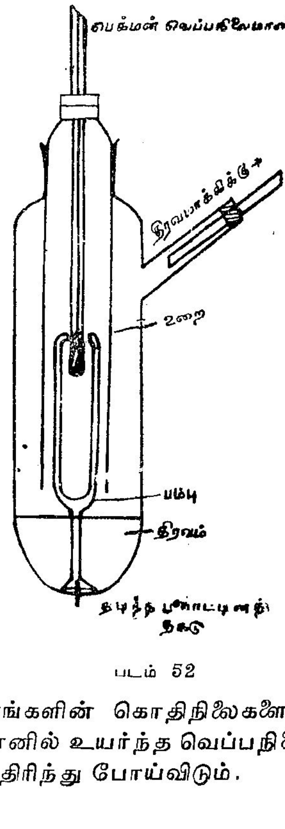


படம் 61

கோட்ரெல் (Cottrell) முறை

கோட்ரெல்லின் கருவியமைப்பு படத்தில் காட்டியது போல் உள்ளது. கொதிகலக்கில் தெரிந்து எடையுள்ள தூய கரைப்பான் எடுத்துக் கொள்ளப்படும். திரவம் இழக்கப்படுவதைத் தவிர்ப்பதற்காக கொதிகலத்தின் பக்கக்குழாய் ஒரு திரமாக்கியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். பெக்மன் வெப்பநிலைமானியின் குமிழ்

திரவப் பரப்பிற்கு மேலே இருக்குமாறு பொருத்தப்படும். கொதிகலத்தைச் சூடாக்கினுல் அதிலுள்ள தடித்த பிளாட்டினக் கம்பியில் குமிழ்கள் உருவாகின்றன. இவை பம்பின் வழியாக திரவத்தையும் ஆவியையும் தள்ளிச் செலுத்துகின்றன. இதனுல் ஆவியும், கொதிக்கின்ற திரவமும், வெப்பநிலை மானிக் குமிழுக்கு மேலே ஏற்றப் படுகின்றன. குமிழை கொதிக்கின்ற திரவத்தின் மெல்லிய படலம் மூடிக் கொண்டு, அதனுல் மிகு சூடாதல் தவிர்க்கப்படுகிறது. வெப்பநிலை மானி காட்டும் மாறிலியான அளவீடு தூய கரைப்பானின் மெய்யான கொதிநிலையாகும். வெப்பநிலைமானியைச் சுற்றியுள்ள உறை ஆவி குளிர்ந்து தோன்றிய திரவத்துளிகள் வெப்பநிலைமானியின் மீது விழாமல் காக்கிறது. பின்னர் கருவியைக் குளிரவைத்து, குறிப்பிட்ட எடையுள்ள கரைபொருளைக் கரைப்பானில் கலந்து முன் கண்டபடியே கரைசலின் கொதிநிலையைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். இரு கொதிநிலைகளுக்குமிடையிலுள்ள வேறுபாடு கொதிநிலை ஏற்றமாகும்.



படம் 52

இம்முறைகள் உடலிலுள்ள திரவங்களின் கொதிநிலைகளைக் கண்டுபிடிக்க ஏற்றவையல்ல. ஏனெனில் உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் அவற்றிலுள்ள புரோட்டீன்கள் திரிந்து போய்விடும்.

மூலக்கூறு எடையும், கொதிநிலை ஏற்றமும்

ரவூல்ட்டின் விதியினடிப்படையில் ஒரு கரைசலின் கொதிநிலை ஏற்றத்தையும், அதன் மோல் (கிராம் மூலக்கூறு) கரைதிறனையும் இணைக்கும் ஒரு சமன்பாட்டை வருவித்தல் சாத்தியமாகும்.

'W_2' கிராம் கரைப்பானில் 'W_1' கிராம் கரைபொருள் கரைந்திருக்கட்டும். அதன் மூலக்கூறு எடை 'M' என்க.

எனவே மோல்களின் (கிராம் மூலக்கூறுகளின்),

எண்ணிக்கை = $\frac{W_1}{M}$

எனவே 'W_2' கிராம் கரைப்பானில் கரைபொருளின் $\frac{W_1}{M}$ கிராம் மூலக்கூறுகள் உள்ளன.

எனவே 1,000 கிராம் கரைப்பானில் இருக்கக்கூடிய கரை பொருளின் மோல்கள் (கிராம் மூலக்கூறுகள்) $\frac{W_1 \times 1000}{MW_2}$

எனவே மோல் கரைதிறன் = $\frac{1000W_1}{MW_2}$

ரஹூல்டின் விதிபடி ஒரு கரைசலின் கொதிநிலை ஏற்றம் ΔT, அதன் மோல் கரைதிறனுக்கு நேரவிகிதத்திலிருக்கும்.

எனவே $\Delta T \propto \frac{1000W_1}{MW_2}$

அல்லது $\Delta T = K\ \frac{1000W_1}{MW_2}$

இங்கு 'K' என்பது ஒரு மாறிலி. அதற்கு கரைப்பானின் மூலக்கூறு கொதிநிலை ஏற்றம் (Molecular elevation) அல்லது கொதிநிலை மாறிலி (Boiling point constant) அல்லது மோலல் ஏற்ற மாறிலி (Molal elevation constant) எனப்பெயர்.

'K'-யின் மதிப்பைப் பின்வரும் சமன்பாட்டிலிருந்து கண்டு பிடிக்கலாம். தூய கரைப்பானின் கொதிநிலை, தனி வெப்ப நிலை அளவீடு முறையில் $T°A$ எனவும், கரைப்பானின் ஆவி யாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் 'L' எனவும் கொண்டால்

$$K = \frac{2T^2}{1000L} = \frac{T^2}{500L}$$

சில சாதாரணமான கரைப்பான்களின் 1000 கிராம் நிறைக் கான மூலக்கூறு கொதிநிலை ஏற்றங்கள் பின்வரும் அட்டவணை யில் தரப்பட்டுள்ளன.

கரைப்பான்	K
நீர்	0·513
குளோரோபாரம்	3·85
அசிடோன்	1·72
கார்பன் டெட்ராகுடோரைடு	5·02
எதிர் ஆல்கஹால்	1·2
பென்சீன்	2·63
ஈதர்	2·1
அசெடிக் அமிலம்	3·14

உறைநிலை இறக்கத்தைக் கண்டுபிடித்தல்

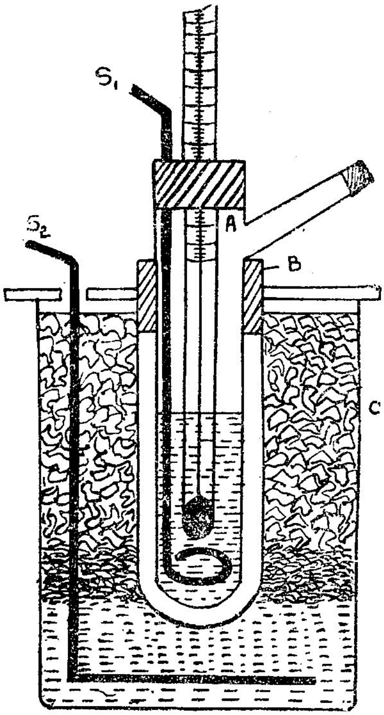
கிரியோஸ்கோபிக் முறைகள் (Cryoscopic Methods)

பெக்மன் முறை

இம்முறையில் பெக்மன் வெப்பநிலைமானியைத் தயார் செய்யும்போது அதன் பாதரச மட்டம் அளவுகோலின் மேற் பகுதியில் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். உறைநிலையிலுள்ள தூய கரைப்பானில் வெப்பமானியின் குமிழை வைக்கும் போது அது அளவு கோலின் மேற்பகுதியிலுள்ள ஏதாவதோர் அளவீட்டைக் காட்டினுல்தான், அதைவிடக் குறைந்த உறைநிலையுள்ள கரைசலின் உறைநிலையை எளிதாக அளக்க முடியும்.

கருவி அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதில் பக்கக் குழாயுடன் கூடிய ஒரு உறையும் குழாய் (A) உள்ளது. பக்கக் குழாயை ஒரு ரப்பர் தக்கையினுல் மூடிவிடலாம். உறை குழாய் இரு துளையுள்ள ரப்பர் தக்கையினுல் அடைக்கப் பட்டுள்ளது. அத்துளைகளின் வழியாக பெக்மன் வெப்பநிலைமானியும், ஒரு கலக்கியும் (S_1) செருகப்பட்டுள்ளன 'A'-உறை குழாய் 'B' எனும் அகன்ற குழாயினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்விரு குழாய்களுக்கும் இடையிலுள்ள பகுதி காற்று உறையாகச் செயல்படுகிறது. இந்த அமைப்பு முழுவதும் 'C' எனும் பெரிய பாத்திரத்தில் வைக்கப்படுகிறது. அதில் உறைக் கலவையுள்ளது. உறைக் கலவையின் வெப்பநிலை தூய கரைப்பானின் உறைநிலையை விட சுமார் 5° குறைவாக இருக்கவேண்டும். உறைக்கலவைப் பாத்திரத்திலும் ஒரு கலக்கி (S_2) உள்ளது.

குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள தூய கரைப்பானை 'A' குழாயில் எடுத்துக் கொள்ளப்படும். வெப்பநிலைமானியின் குமிழ் அதில் மூழ்கியிருக்குமாறு செய்யப்படும். கரைப்பான் குளிர்ச்சியடையும் போது, வெப்பநிலைமானி அளவீடு குறைந்து கொண்டே வரும். கரைப்பான் அதன் உறைநிலைக்குச் சற்று கீழே மிக குளிர்ச்சியடையும் (Super cooled) வரை இது நீடிக்க விடப்படும். பின்னர் திரவத்தை விரைவாகக் கலக்கி உறையச் செய்யப்படும். அப்படி உறையும் போது வெப்பநிலை உயர்ந்து கரைப் பானின் உறைநிலையில் அசையாமல் நிற்கும். இந்த மாறிலியான வெப்பநிலை குறித்துக் கொள்ளப்படும். இந்த மாறிலி யான வெப்பநிலை குறித்துக் கொள்ளப்பட்ட பின்னர் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு கரைபொருளைக் கரைப்பானில் இட்டு முன் போலவே கரைசலின் உறைநிலை கண்டு பிடிக்கப்படும். இந்த இரு உறைநிலைகளுக்கும், இடையிலுள்ள வேறுபாடு கரைப் பானின் உறைநிலை இறக்கமாகும்.



படம் 53

இம்முறையில் சோதனை செய்வது எளிதாயும், கிடைக்கின்ற முடிவுகள் துல்லியமாகவும் உள்ளன. ஆகவே இது மருத்துவத்திலும், சிகிச்சையிலும் பெருமளவிம் பயன்படுத்தப் படுகிறது.

உறைநிலை இறக்கமும் மூலக்கூறு எடையும்

உறைநிலை இறக்கத்திலிருந்து மூலக்கூறு எடையைக் கண்டு பிடிப்பதற்கான சமன்பாடு, கொதிநிலை ஏற்ற முறையில் பெற்றது போலவே உள்ளது. அதாவது,

$$\Delta T = \frac{1000\ KW_1}{MW_2}$$

இதில் 'K' என்பது கரைப்பானின் மோலால் இறக்க மாறிலி (Molal depression Constant) அல்லது உறைநிலை மாறிலி (Freezing point Constant) அல்லது மூலக்கூறு உறைநிலை இறக்கம் (Molecular depression of freezing point) எனப்படும். 'W_1' என்பது 'W_2' நிறையுள்ள கரைப்பானில் கரைந்துள்ள கரைபொருள். 'M' அதன் மூலக்கூறு எடை.

முன்போலவே 'K'-யின் மதிப்பை $K = \frac{2T^2}{1000}$ எனும் சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம். இதில் $T°A$ என்பது தூய கரைப்பானின் உறைநிலை, 'L' என்பது அதன் உறைதலின் உள்ளுறை வெப்பம் ஆகும்.

சில கரைப்பான்களின் 1000 கிராமுக்கான மோலால் இறக்கமாறிலிகள் பின்வரும் அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளன.

கரைப்பான்	K
நீர்	1·86
பீனல்	5·3
பென்சீன்	5.12
நாப்தலீன்	7·0
கற்பூரம்	40·0
அசெட்டிக் அமிலம்	3·20
நைட்ரோபென்சீன்	6·9
சைக்ளோ ஹெக்சேன்	20·2

ஒரு கரைப்பானின் மோலால் ஏற்றமும் மோலால் இறக்கமும், வெவ்வேறாக இருப்பதைக் கவனிக்கவும்.

சவ்வூடு பரவலும், சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமும் (Osmosis and Osmotic Pressure)

ஒரு கரைசலும், அதன் கரைப்பானும் ஒரு பன்றியின் சிறுநீர்ப்பைச் சவ்வினால் பிரித்து வைக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். பன்றியின் சிறு நீர்ப் பையின் முக்கியமான தன்மை என்னவெனில், அது தன் ஊடே கரைப்பானின் மூலக்கூறுகளை மட்டுமே கடந்து செல்லவிட்டு, கரைப்பொருள் மூலக்கூறுகளைத்

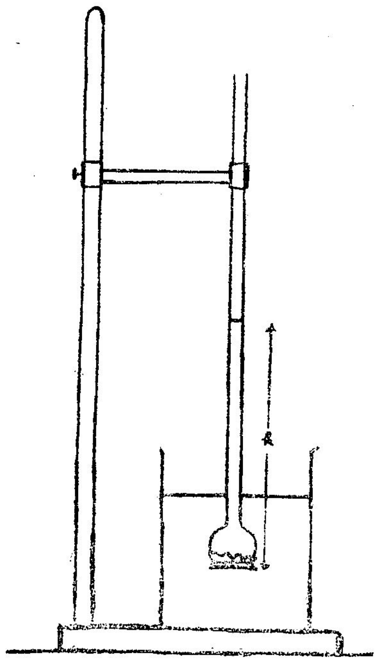
தடுக்க வல்லதாகும். ஆகவே இச் சவ்வு மூலமாக கரைப்பானின் மூலக்கூறுகள் மட்டுமே தடையன்றி இரு திசைகளிலும் நடமாடிக் கொண்டிருக்கும். கரைப்பான் பகுதியிலிருந்து, கரைப்பான் மூலக்கூறுகள் அதிக அளவில் கரைசல் பகுதிக்குச் செல்வதால், கரைசல் நீர்த்துப் போகிறது. இத்தகைய சவ்வு (Semipermeable membrane) எனப்படும். ஒரு பொருளின் நீர்த்த கரைசலும், செறிவு மிக்க கரைசலும் ஒரு பகுதி விடு சவ்வின் இரு புறங்களிலிருந்தாலும் இதுபோல நிகழ்கிறது. இங்கு நீர்த்த கரைசல் பகுதியிலிருந்து அதிக அளவில் கரைப்பான் மூலக்கூறுகள் செறிவுக் கரைசல் பகுதிக்குச் செல்கின்றன. இரு புறங்களிலுமுள்ள செறிவு சமமாகும் வரை இது நீடிக்கிறது. ஒரு பகுதி விடு சவ்வினுல் பிரிக்கப்பட்டுள்ள போது இவ்வாறு கரைப்பான், கரைசலுக்குள் அல்லது செறிவு குறைந்த கரைசலிலிருந்து, செறிவுமிக்க கரைசலுக்குள் தானுகவே பாய்வது சவ்வூடு பரவுதல் எனப்படும். சவ்வூடு பரவுதல் கரைப்பானுக்கு மட்டுமே பொருந்தும்.

ஒரு திசில் புனலின் வாயை ஒரு பகுதிவிடு சவ்வினுல் மூடி, அதற்குள் சர்க்கரை போன்ற ஒரு பொருளின் கரைசலை நிரப்பி, கரைப்பானுள்ள ஒரு பாத்திரத்தில் வைத்தால், திசில் புனலுக்குள் திரவமட்டம் ஏறத் துவங்கி, சிறிது நேரம் கழித்து மாருமல் நிற்பதைக் காணலாம். இப்போது கரைப்பானைக் கரைசலுக்குள் செலுத்துகின்ற விசை, புனலுக்குள் உள்ள திரவத் தம்பத்தின் நீர் நிலையியல் விசையால் ஈடு செய்யப் படுகிறது. சவ்வூடுபரவுதலால் தோற்றுவிக்கப்படும் இந்த விசை கரைசலின் சவ்வூடுபரவல் அழுத்தம் எனப்படும்.

சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் என்பது ஒரு கரைசலும், கரைப்பானும் ஒரு பகுதிவிடு சவ்வின் இரு பக்கங்களிலும் உள்ள போது கரைப்பானைக் கரைசல் பகுதிக்குள் செல்லாதவாறு தடுப்பதற்குக் கரைசல் பகுதியில் செலுத்தப்படவேண்டிய விசையாகும்.

வெவ்வேறு செறிவுள்ள இரு கரைசல்கள் பகுதிவிடு சவ்வினுல் பிரிக்கப்பட்டுள்ளபோது இரு திரவங்களுக்கிடையில் தோன்றும் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம், இரு கரைசல்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தங்களின் வேறுபாட்டிற்குச் சமமாக இருக்கும்.

பகிதிவிடு சவ்வுகளைத் தயாரிக்கப் பல முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன: சிறுநீர்ப்பை தோல், மரப்பட்டைத் தூள் போன்றவை சோதித்துப் பார்க்கப்பட்டன. ஆனால் அவை உயர்ந்த அழுத்தங்களைத் தாங்கவல்லதாக இல்லை. ட்ராப் என்பவர் செயற்கை முறையில் பலவித இரசாயனப் படலங்களைத் தயாரித்தார். அவற்றிலொன்று செப்பு பெர்ரோ சயனைடு $[Cu_2 Fe(CN_6)]$ ஆகும். அது கரும்புச் சர்க்கரை, யூரியா ஆகிய கரைபொருள்களைத் தடுக்கவல்லது. ஒரு நுண்துளைப் பாண்டத்தைக் கொதிநீரிலிட்டு அதன் துளைகளிலுள்ள காற்றை வெளியேற்ற வேண்டும். பின்னர் அதில் காப்பர் சல்பேட் கரைசலை வைத்தால், இரு கரைசல்களும் பாண்டத்தின் நுண்துளைகளுக்குள் சந்தித்து, காப்பர் பெர்ரோ சயனைடு படலம் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. $2CuSO_4 + K_4 Fe(CN)_6 \rightarrow Cu_2 Fe(CN)_6 + 2K_2 SO_4$. பின்னர் பாண்டத்தை நன்கு கழுவிவிட்டு அதை ஒரு பகுதிவிடு கலமாகப் பயன்படுத்தலாம். பெவ்வர் (Peffer) இத்தகைய பாண்டத்தைப் பயன்படுத்திப் பல முக்கியமான சோதனைகளைச் செய்திருக்கிறார்.



படம் 54

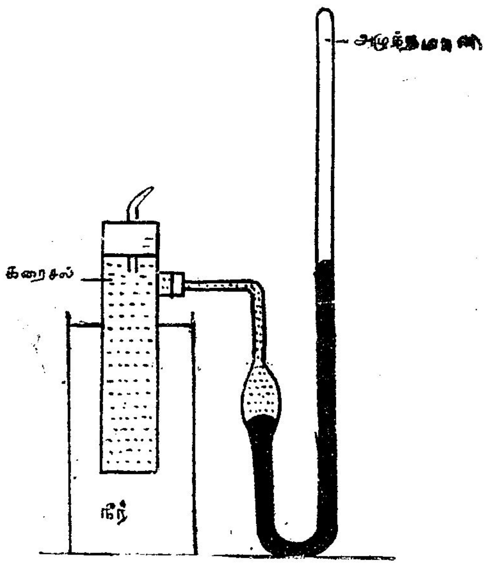
சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தை அளத்தல்

(a) **பெவ்வர் முறை :**

இம்முறையில் காப்பர் பெர்ரோ சயனைடு பகுதிவிடு சவ்வைப் பயன்படுத்தி நேரடியாகச் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

காப்பர் பெர்ரோ சயனைடு பரவிய ஒரு நுண்துளைப் பாண்டத்தில் முழுவதும் சோதனைக்கான கரைசலை நிரப்பவும். அதோடு

ஒரு மூடிய அழுத்தமானியை இணைக்கவும். அழுத்தமானியில் உள்ள பாதரச மட்டத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவும். நுண்துளைப் பாண்டத்தை மாறாத வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு நீர்த் தொட்டியில் வைக்கவும். சவ்வூடு பரவல் நிகழ்ந்து அழுத்தமானியிலுள்ள பாதரசமட்டம் உயருகிறது. சிறிது நேரம் கழித்து பாதரச மட்டம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவில் மாறாமல் நின்றுவிடும். அதன் இறுதிநிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவும். அழுத்தமானியின் இரு அளவீடுகளுக்கிடையில் உள்ள வேறுபாடு கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைத் தருகிறது.



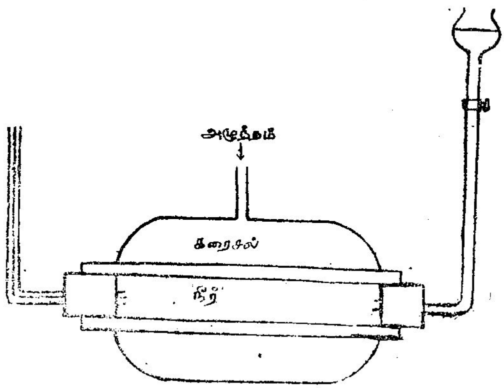
படம் 55

இம்முறையில் பல குறைபாடுகள் உள்ளன. சோதனையின் போது கரைசலின் செறிவு குறைந்துவிடுகிறது. மேலும் கரைசலில் சுவர்களுக்கு அருகிலுள்ள பகுதி, நடுவிலுள்ள பகுதிகளை விட குறைந்த செறிவில் இருக்கும். இம்முறை இப்போதெல்லாம் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

(b) டெர்க்லி—ஹார்ட்லி முறை :

இம்முறையின் கருவியமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதில் ஒரே அச்சான இரு உருளைகள் உள்ளன. உள்ளே இருக்கும் உருளை நுண்துளையுள்ள பீங்கானால் ஆனது.

அதில் காப்பர் பெர்ரோ சயனைடு போன்ற பகுதிவிடு சவ்வு பரவியுள்ளது. அதன் ஒரு முனையில் அளவு குறிப்பிட்ட ஒரு நுண்துளைக் குழாயும், மற்ற முனையில் அடைப்பானுடன் கூடிய புனலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. வெளி உருளை உறுதியான உலோகத்தாலானது. அதிலுள்ள திரவத்தின்மேல் வெளியி லிருந்து அழுத்தத்தைச் செலுத்த முடியும். புனலின் வழியாக நுண்துளைக் குழாயில் வசதியான உயரம்வரை நிரம்பியிருக்கு மாறு பீங்கான் குழாய்க்குள் நீரை நிரப்பவேண்டும். வெளிக் குழாயினுள் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் கண்டுபிடிக்கப்படவேண் டிய கரைசலை நிரப்பவேண்டும். நுண்துளைக் குழாயிலுள்ள நீரின் துவக்க மட்டத்தைக் குறித்துக்கொள்ளவும். சவ்வூடு பரவலினால்

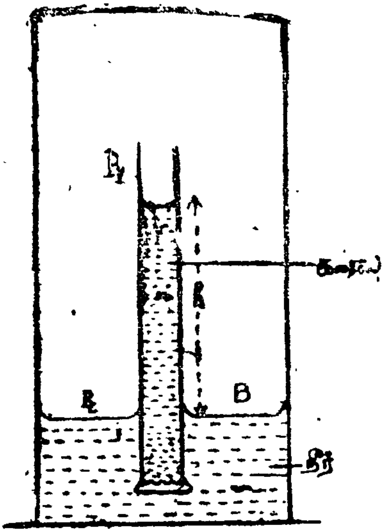


படம் 56

நீர் கரைசலுக்குள் செல்லும். அதனால் நுண்துளைக் குழாயில் நீர்மட்டும் இறங்கும். பிறகு வெளிக்குழாயில் அழுத்தத்தைச் செலுத்தி நுண்துளைக் குழாயிலுள்ள நீர்மட்டத்தை மாறாமல் செய்யப்படும். இதுபோல நீரின் சவ்வூடு பரவலைத் தடுத்து, ஒரு மூடிய குழாயினாலான அழுத்தம் பம்பை உறையில் பொருத்தி, பீங்கான் குழாயிலுள்ள நீர் உறையிலுள்ள கரை சலில் சேராதபடி தகுந்த அழுத்தத்தை ஏற்படுத்த வேண்டும். அப்போது நுண்துளைக் குழாயில் நீர்மட்டம் மாறாமலிருக்கும். நுண்துளைக்குழாயில் நீர்மட்டத்தை மாறாமல் வைக்கத் தேவைப்படுகின்ற அழுத்தம் கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமாகும். இதை அழுத்தமானியின் உதவியால் அளந்து கொள்ளலாம். இம்முறையில் கரைசலோடு நீர் சேராமல் இருப்பதால் கரைசலின் அடர்த்தி மாறாமலிருக்கும்.

சவ்வூடு பரவலினால் ஆவியமுத்தக் குறைவு

ஒரு கரைசலின் ஆவியமுத்தம் கரைப்பானின் ஆவியமுத்தத்தைவிடக் குறைவாகவேயிருக்கும். இக்குறைவு கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.



படம் 57

AB என்ற ஒரு நீண்ட குழாயின் கீழ்முனை பகுதிவிடு சவ்வினால் மூடப்பட்டு, மேல் முனை திறந்தும் இருக்கட்டும். இதில் ஒரு கரைசலைச் சுமார் முக்கால் பகுதிநிரப்பி ஒரு முகவையிலுள்ள நீரில் செங்குத்தாக வைக்கவும். முகவை, குழாய் முதலியவற்றை ஒரு மணிஜாடியால் மூடவும். மணிசாடியிலிருந்து காற்றை நீக்கி விடவும் சவ்வூடு பரவலினால் நீர்கரைசலுக்குள் புகுந்து, குழாயில் 'h' உயரத்திற்கு திரவத்தம்பம்தோன்றி நிற்பதாகக் கொள்வோம்.

கரைசலின் ஆவியமுத்தம் Aயில் $= p_1$

கரைப்பானின் ஆவியமுத்தம் $= p_2$

கரைப்பானின் ஆவி A-யில் கரைசலையும், Bயில் கரைப்பானையும் தொட்டுக் கொண்டிருக்கிறது.

இப்போது $p_2+p_1+h\sigma g$

இங்கு 'σ' என்பது ஆவியின் அடர்த்தி.

எனவே $p_2 - p_1 = h\sigma g$ (1)

கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் $= p$

அதன் அடர்த்தி 'd' எனில்,

$$P = hdg - h\sigma g$$
$$= hg\,(d-\sigma) \qquad (2)$$

$$\therefore\ hg = \frac{P}{(d-\sigma)}$$

(1)-ஆம் சமன்பாட்டில் இதைப் பதிலீடு செய்தால்

$$p_2 - p_1 = \frac{P\sigma}{(d-\sigma)}$$

'd'-யுடன் ஒப்பிடுகையில் 'σ' அற்பமானதாகையால் அதைப் புறக்கணித்து விட்டால்

$$p_2 - p_1 = \frac{P\sigma}{d}$$

எனவே ஆவியழுத்தத்தில் ஏற்படும் குறைவு சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது.

'p_2' அழுத்தத்தில், ஒரு கிராம் நிறையுள்ள ஆவியின் பருமன் 'v' எனில் $\sigma = \frac{1}{v}$

$$\text{எனவே } p_2 - p_1 = p/vd \qquad (3)$$

வளியழுத்தம் p_0; இந்த அழுத்தத்தில் ஆவியின் பருமன் v_0; அடர்த்தி σ_0 எனில்

$$p_2 v = p_0 v_0 = p_0/\sigma_0$$

$$\text{இவ்வாறு } p_2 \sigma_0 = \frac{p^0}{v} = p_0 \sigma \qquad (4)$$

$$\text{மேலும் } v = p_0 v_0/p_2$$

'v'-யின் இந்த மதிப்பை (3)ம் சமன் பாட்டில் பதிலீடு செய்தால்

$$p_2 - p_1 = \frac{p}{d} \quad \frac{P}{p_0 v_0} = \frac{P p_2 \sigma_0}{p_0 d}$$

$$\text{அல்லது} \quad \frac{p_2 - p_1}{p_2} = \frac{P \sigma_0}{p_0 d}$$

$\frac{P}{p_0}$ என்பது வளிகளில் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம். $\frac{\sigma_0}{d}$ என்பது திட்ட அழுத்த வெப்பநிலையில் (NTP) கரைப்பானின் வாயு, திரவநிலைகளில் அடர்த்திகளின் தகவு.

மேற்கண்ட சமன்பாடு கரைப்பானின் ஆவியழுத்தத்திற்கும் அதிலேற்படும் வீழ்ச்சிக்கும் இடையிலுள்ள தகவைத் தருகிறது. ஆனால் 'h' மிகச் சிறியதாயிருக்கும்போதே இது பொருந்தும்.

அடர்வும் அதனுல் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமும் சிறியதாயிருக்கும் போது 'h' சிறியதாயிருக்குமாதலால் இச்சமன்பாடு நீர்த்த கரைசல்களுக்கே பொருந்தும்.

திட்ட அழுத்த வெப்பநிலைகளில் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு வாயு 22.4 லிட்டர் பருமமுள்ளது. ஒரு நீர்த்த கரைசல் ஒரு வாயுவைப் போல நடந்து கொள்ளவதால் திட்ட அழுத்த வெப்பநிலையில் (76பா. செ.மீ., 0°C) ஒரு பொருளின், ஒரு கிராம் மூலக்கூறுள்ள கரைசலின் பருமன், அப்பொருள் அதே சூழ் நிலையில் வாயுவாக இருக்கும் போதுள்ள பருமத்திற்கு அதாவது 22.4 லிட்டருக்குச் சமமாக இருக்கும். எனவே ஒரு மோல் கரைபொருளுள்ள ஒரு லிட்டர் கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 22·4 வளிகளாகும். திட்ட அழுத்த வெப்ப நிலையில் நீராவியின் ஒரு மோல் (18 கிராம்கள்) பருமனுள்ளது. எனவே திட்ட அழுத்த வெப்பநிலையில் நீராவியின் அடர்த்தி $\sigma_0 = \frac{18}{22{\cdot}4}$ கிராம்/லிட்டர்.

நீரின் அடர்த்தி $= 1$ கிராம்/மில்லி லிட்டர்.

எனவே ஒரு மோலார் கரைசலுக்கு, அதாவது ஒரு லிட்டரில் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு கரைபொருளுள்ள கரைசலுக்கு

$$\frac{dP}{p_2} = \frac{P}{P_0} \times \frac{\sigma_0}{d}$$

$$= \frac{22{\cdot}4 \times 18}{22400 \times 1} \times 100$$

$$= 1{\cdot}8\%$$

எனவே ஒரு மின்னுற் பகுபடாப் பொருளின் ஒரு மோல் நீரில் கரைந்துள்ளபோது 1·8% ஆவியழுத்தம் குறையும். இவ்வாறு குறைவது மின்னுற் பகுபடு பொருள்களுக்கு அதிகமாக இருக்கும்.

சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திலிருந்து மூலக்கூறு எடையைக் கண்டுபிடித்தல்

மின்னுற் பாகுபடாப் பொருள்களின் நீர்த்த கரைசல்கள் வாயுக்களைப்போலவே நடந்து கொள்கின்றன. எனவே அவற்றிற்கு வாயு விதிகளைப் பயன்படுத்தலாம். கரைப்பானின் 'v' மோல்களுக்கு (கிராம் மூலக்கூறுகள்)

$$Pv = nRT$$

அல்லது $Pv = \left(\frac{w}{M}\right)RT$

இதில் 'P' என்பது கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 'v' என்பது லிட்டர்களில் கரைசலின் பருமன், 'n' என்பது கரைபொருளின் மோல்கள் (கிராம் மூலக்கூறுகள்), 'w' என்பது கிராம்களில் கரைபொருளின் எடை, 'M' என்பது அதன் மூலக் கூறு எடை, R என்பது வாயு மாறிலி, 'T' என்பது தனிவெப்ப நிலை.

R, T, V இவற்றின் மதிப்புகளிலிருந்து சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தை (P)க் க கணக்கிடலாம். 'w'-வின் மதிப்பு தெரிந்தால் அதிலிருந்து M-ன் மதிப்பைக் கண்டு பிடிக்கலாம். அல்லது M-ன் மதிப்பு தெரிந்தால் 'w'-வின் மதிப்பைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

எடுத்துக் காட்டுகள்

(1) 475 மில்லி லிட்டர் நீரில் 12·5 கிராம் பொருளுள்ள ஒரு கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 18°C-யில் 3633 பாதரச மி. மீ, பொருளின் மூலக்கூறு எடையைக் கண்டுபிடி.

$$Pv = \left(\frac{w}{M}\right)RT$$

இங்கு $P = 3633$ மி.மீ. $= \frac{3633}{760}$ வளியழுத்தம்.

$v = 475$ மில்லி லிட்டர் $= \cdot 475$ லிட்டர்.

$T = 18^\circ C = 291^\circ A$, $R = \cdot 082$ லிட்டர் வ. அ./டிகிரி

எனவே $\left(\frac{3633}{760}\right) \times \cdot 475 = \frac{12\cdot 5 \times 0\cdot 082 \times 291}{M}$

$\therefore M = 131\cdot 3$

(2) 20°C-யில் 2% கரும்பு சர்க்கரைக் கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைக் கணக்கிடு. சர்க்கையின் மூலக்கூறு எடை = 342.

$$Pv = \left(\frac{w}{M}\right)RT$$

இது 2% கரைசலானதால் $v = 100$ மி.லி.

$= 0\cdot1$ லிட்டர்.

$w = 2$ கிராம்.

$R = 0\cdot 082$ லிட்டர் வ· அ./டிகிரி.

$T = 20°C \; 293°A$

எனவே $P \times 0\cdot1 = \dfrac{2 \times 0\cdot082 \times 293}{342}$

அல்லது $P = 1\cdot405$ வ. அ.

$= 1405 \times 760 = 1067\cdot$ பாதரச மி.மீ.

கூட்டுப் பொருளின் (Complex Substances) மூலக்கூறு எடைகள்

புரோட்டீன்கள், கார்போஹைட்ரேட் போன்றவற்றின் மூலக்கூறுகள் சிக்கலான அமைப்பு கொண்டவையாததால் அப் பொருள்களின் மூலக்கூறு எடைகள் அதிகமாக இருக்கும். மேலும் அவற்றின் கரைதினும் குறைவு. எனவே கசைலில் அப்பொருள்களின் மோல் பின்னமும் மிகக் குறைவாயிருக்கும். எனவே இப்பொருள்களின் கரைசல்களில் தோன்றுகின்றன ஆவி அழுத்தக் குறைவு, ஜொதிநிலை ஏற்றம், உறைநிலை இறக்கம் ஆகியவற்றின் அளவுகளும் குறைவாக இருக்கும். ஆகவே அவற்றைத் துல்லியமாக அளிப்பது முடியாத காரியம். ஆனால் இத்தகைய சிக்கலான பொருள்களின் கரைசல்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் அதிகமாக இருக்கும். அவற்றைத் துல்லியமாக அளக்கவும் முடியும். கரைப்பான் குறைந்த அடர்த்தியுள்ள திரவமாக இருந்து அதன் நீர்நிலையியல் அழுத் தத்தை நேரடியாக அளக்க முடியுமானால் சவ்வூடு பரவல் விளைவு கணிசமாக இருக்கும். எனவே இத்தகைய சிக்கலான பொருள்களின் மூலக்கூறு எடைகளைக் கண்டுபிடிக்க சவ்வூடு பரவல் அழுத்தங்களைப் பயன்படுத்துவதே சிறந்தது.

கரைசல்களுக்கான வான்ட்-ஹாப் கொள்கை—சவ்வூடு பரவல் அழுத்த விதிகள்

மாருத வெப்பநிலையில் ஒரே கரைபொருள், ஒரே கரைப் பான் ஆகியவற்றின் வெவ்வேறு செறிவுள்ள நீர்த்த கரைசல் களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தங்களையும், ஒரு நீர்த்த கரைச சலின் செறிவு மாருமலிருக்கும்போது வெவ்வேறு வெப்பநிலை களில் அதன் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தங்களையும் பெவ்வர் கண்டு

பிடித்தார். இவ்விரு சோதனைகளும், வெவ்வேறு கரை பொருள்களுக்கும் செய்து பார்க்கப்பட்டன.

இந்த சோதனை முடிவுகளை வான்ட்ஹாப் ஆராய்ந்து வாயுக்களுக்கும், நீர்த்த கரைசல்களுக்கும் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க ஒற்றுமை இருப்பதையும், நீர்த்த கரைசல்கள் வாயுவிதிகளைப் பின்பற்றுகின்றன என்பதையும் கண்டுபிடித்தார். வாயு சமன்பாட்டில் உள்ள அழுத்தத்திற்குப் பதிலாக சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைப் பதிலீடு செய்தால் அதே விதியை நீர்த்த கரைசல்களும் பின்பற்றும். எனவே வாயுக்களுக்கான பாயிலின் விதியைப் போலவும், சார்லஸின் விதியைப் போலவும் உள்ள இரு விதிகளை அவர் உருவாக்கினர். அவை பின்வருமாறு:

(1) வெப்பநிலை மாறிலியாக இருக்கும்போது ஒரு நீர்த்த கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் அதன் செறிவிற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

'C' செறிவுள்ள ஒரு கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 'P' எனில் வெப்பநிலை மாருதபோது

$P \propto C$ அல்லது P/C = ஒரு மாறிலி.

'V' லிட்டர் கரைசலில் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு கரைபொருள் இருந்தால் $C = 1/V$

எனவே $\dfrac{P}{1/V} = PV$ = ஒரு மாறிலி.

இந்த உறவு பாயிலின் விதியை ஒத்துள்ளது.

(2) ஒரு நீர்த்த கரைசலின் வெப்பநிலை மாருதபோது அதன் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் அதன் தனி வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திருக்கும்.

'T' எனும் தனி வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 'P' எனில் அதன் செறிவு மாருதபோது

$P \propto T$ அல்லது P/T = ஒரு மாறிலி.

இது சார்லசின் விதியை ஒத்துள்ளது.

இவ்விரு விதிகளையும் இணைத்து $\frac{PV}{T} = R$ அல்லது $PV = RT$ எனக் காட்டலாம் என வான்ட்ஹாப் கூறினார். இது இலட்சிய வாயு விதியை ஒத்தது. மேலும் சவ்வூடு பரவலின் 'R' மதிப்பு, இலட்சிய வாயுக்களின் 'R' மதிப்பிற்குச் சுமமாயுள்ளது. அதாவது இரண்டிலும் $R = 0 \cdot 0821$ லிட்டர்—வளியழுத்தம்/டிகிரி/மோல்.

இவ்வாறு சவ்வூடு பரவலிலும், இலட்சிய வாயுக்களிலும் 'R'-ன் மதிப்பிலுள்ள ஒற்றுமையிலிருந்து சவ்வூடு பரவலின் விஷயத்தில் ஒரு மூலக்கூறு பண்பு சம்பந்தப்பட்டுள்ளது எனவும் அந்தப் பண்பு கரைசலின் உள்ள கரைபொருள் மூலக் கூறுகளின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்துள்ளதேயன்றி கரை பொருளின் தன்மையைப் பொறுத்திருக்கவில்லை எனவும் தெரிகிறது.

எனவே வான்ட்ஹாப் மேற்கண்ட விதிகளை இணைத்து பின்வரும் முக்கியமான விதியை உருவாக்கினார்.

ஒரு நீர்த்த கரைசலில் உள்ள கரைபொருள் அதேவெப்ப நிலையில் கரைசலின் பருமனுக்குச் சமமான பருமனுள்ள வாயுவாக இருந்தால் செலுத்தக்கூடிய அழுத்தமும், நீர்த்த கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமும் சமம்.

வான்ட் ஹாபின் மேற்கண்ட கூற்றை ஒரு எடுத்துக் காட்டினால் விளக்கலாம். ஒரு வாயுவின் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு 0°C-வெப்பநிலையில் 22·4 லிட்டர் பருமம் உள்ளதாயிருக்கும். அவகட்ரோவின் கொள்கைப்படி அந்த வாயுவின் அழுத்தம் ஒரு வளியழுத்தத்திற்கு அதாவது 76 பாதரச சென்டி மீட்டருக்குச் சமமாக இருக்கும். பாயிலின் விதியைப் பயன் படுத்தினால் 0°C-யில் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு வாயு, ஒரு லிட்டர் பருமனுள்ளதாக இருந்தால் அதன் அழுத்தம் 22·4 வளியழுத் தங்களாக இருக்கும் எனக் காணலாம். அதேபோல கரும்புச் சர்க்கரை அல்லது யூரியாவின் ஒரு கிராம் மூலக்கூறை 0°C-யில் வாயுவாகப் பெறமுடியும் எனக் கொள்வோம். இந்த சர்க்கரை அல்லது யூரியா வாயு 22·4 லிட்டர் பருமனுள்ளதாயிருப்பின் அதன் வாயு அழுத்தம் ஒரு வளியழுத்தத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். வான்ட் ஹாபின் விதிப்படி இந்த சர்க்கை அல்லது யூரியாவின் கிராம் மூலக்கூறை நீரில் கரைத்து 22·4 லிட்டர் கரைசலாக ஆக்கினால் 0°C-யில் அக்கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம், ஒரு வளியழுத்தமாக இருக்கும்; அல்லது மேலே

விவரித்ததுபோல இந்த கிராம் மூலக்கூறைக் கரைத்து ஒரு லிட்டர் கரைசலாக்கினுல் 0°C-யில் அதன் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 22·4 வளியழுத்தங்களாக இருக்கும். எனவே அவகட்ரோவின் விதி நீர்த்த கரைசல்களுக்கும் பொருந்தும் என்று தெரிகிறது. இது சோதனைகளின் மூலமும் நிரூபிக்கப் பட்டுள்ளது.

அவகட்ரோவின் விதியின்படி ஒரே வெப்பநிலையிலும் ஒரே அழுத்தத்திலுமுள்ள எல்லா வாயுக்களின் சம பருமன்களில் சம எண்ணிக்கையுள்ள மூலக்கூறுகள் இருக்கும். அதாவது வெவ்வேறு வாயுக்களின் சம எண்ணிக்கையுள்ள மூலக்கூறுகள் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனை அடைத்துக்கொண்டால், அவை சமமான அழுத்தங்களைச் செலுத்தும். நீர்த்த கரைசல்களுக்கு இந்தக் கூற்றைப் பொருத்தினுல் நமக்கு பின்வரும் முக்கியமான விதி கிடைகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனில் சமமான எண்ணிக்கையில் கரைபொருளின் மோல்கள் (கிராம் மூலக்கூறுகள்) உள்ள எல்லாப் பொருள்களின் நீர்த்த கரைசல்களுக்கும் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் சமமாக இருக்கும்.

குறிப்பிட்ட பருமனில் சம எண்ணிக்கையுள்ள கரைபொருள் மோல்களுள்ள எல்லாக் கரைசல்களும் சம மூலக்கூறு கரைசல்கள் (equimolecular solutions) எனப்படும். ஒரே சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் உள்ள எல்லாக் கரைசல்களும் சம சவ்வூடு பரவல் அழுத்தக் கரைசல்கள் (isosmotic solutions) எனப்படும். ஆகவே எல்லாப் பொருள்களின் சம மூலக்கூறு கரைசல்களும் சம சவ்வூடு பரவல் அழுத்தக் கரைசல்களாகும்.

எடுத்துக்காட்டுகள் :

(1) ஒரு கரைப்பானிலுள்ள ஒரு பொருளின் 1·58% கரைசலும், சர்க்கரை (மூலக்கூறு எடை = 342)யின் 3% கரைசலும் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் சமமான சவ்வூடு பரவல் அழுத்தங்கள் உள்ளவையாக இருந்தால் பொருளின் மூலக்கூறு எடையைக் கண்டுபிடி.

$$PV = \left(\frac{w}{M}\right) RT$$

இரு கரைசல்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தங்கள் **சமமான**தால் P, R, T ஆகியவையும் சமமாக இருக்கும். **மேலும்**

கரைசல்களின் பருமன்களும் சமமானதால், 'V'-யின் மதிப்புகளும் சமம்.

$$\text{சர்க்கரைக்கு } w = 3 \text{ கிராம் ; } M = 342.$$

$$\text{எனவே } PV = \left(\frac{3}{342}\right) RT.$$

$$\text{பொருளுக்கு } w = 1{\cdot}58 \text{ கிராம்.}$$

$$\text{எனவே } PV = \left(\frac{1{\cdot}58}{M}\right) RT.$$

$$\text{அதாவது } \left(\frac{1{\cdot}58}{M}\right) RT = \left(\frac{3}{342}\right) RT.$$

$$\text{அல்லது } \frac{1{\cdot}58}{M} = \frac{3}{342}$$

$$\text{அல்லது } M = 180{\cdot}1.$$

2. ஒரு கரைபானிலுள்ள 2% குளுகோஸ் (மூலக்கூறு எடை = 180) கரைசலும், யூரியா (மூலக்கூறு எடை = 60) கரைசலும் சமமான சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமுள்ளதாக இருந்தால் யூரியாக் கரைசலின் செறிவு என்ன?

$$PV = \left(\frac{w}{M}\right) RT$$

குளுகோஸ் கரைசலின் செறிவு 2% அதாவது ஒரு லிட்டரில் 20 கிராம். ஆதலால் அதன் மோலார் செறிவு $n = \frac{w}{M} = \frac{20}{180}$

இரு கரைசல்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தங்களும் சமமானதினுலே அவற்றின் மோலார் செறிவுகளும் சமம். எனவே யூரியாக் கரைசலின் மோலார் செறிவும் $= \frac{20}{180}$.

$$\text{அதாவது } \frac{20}{180} = \frac{w}{M} = \frac{w}{60}$$

$$\text{அல்லது } w = \frac{20 \times 90}{180}\ 6{\cdot}667 \text{ கிராம்}$$

அதாவது ஒரு லிட்டரில் 6·667 கிராம் யூரியா கரைந்து உள்ளது. எனவே யூரியாக் கரைசலின் செறிவு 0·6667%.

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கரைபொருள்களுள்ள கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்

ஒரு கரைசலில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கரைபொருள்கள் இருந்தால் அவை ஒவ்வொன்றும், தான்மட்டும் தனியே இருப்பது போலவே நடந்து கொள்ளும். அதாவது ஒவ்வொரு கரைபொருளும், அதற்கான சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைத் தோற்றுவித்துவிடும். இதை கரைசலில், கரைபொருளின் பகுதி சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் (Partial Osmotic pressure) என குறிப்பிடலாம். அது கரைபொருளின் மோலார் செறிவைப் பொறித்திருக்கும். எனவே ஒரு கரைசலின் மொத்த சவ்வூடு பரவல், ஒவ்வொரு கரைபொருளும், கரைசலில் மொாத்தப் பருமனில் தனியே இருந்திருந்தால் தோற்றுவிக்கக்கூடிய பகுதி அழுத்தங்களின் கூட்டுத் தொகையாகும். இது டால்டனின் வாயுக்களின் பகுதி அழுத்த விதியை ஒத்திருக்கிறது.

உயிர்களிலுள்ள திரவங்கள் இதுபோல ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கரைபொருள்களுள்ள கரைசல்களேயாகும்.

வானீட் ஹாபின் விதிகளின் மெய்ம்மை

0·1க்குக் குறைந்த மோலார் செறிவுள்ள நீர்த்த கரைசல்களே வான்ட் ஹாப் விதிகளைப் பின்பற்றுகின்றன. வான்ட் ஹாப் கூறுகிறபடி வெப்பநிலை மாருதபோது சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் செறிவுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருந்தாலும், செறிவு அதிகமாயிருக்கும் போது சோதனைகள் மூலமாகக் கிடைகின்ற சவ்வூடு பரவல் அழுத்த மதிப்புகள் வான்ட் ஹாப் விதிகளின் படி கணகிடப்பட்ட மதிப்புகளைவிட மிக அதிகமாயிருக்கின்றன என்று காணப்பட்டுள்ளது. உடலிலுள்ள திரவங்கள் 0·1க்குக் குறைந்த மோலார் செறிவுள்ள நீர்த்த கரைசல்களாதலால் வான்ட் ஹாப் விதிகளை அவற்றிற்குப் பயன்படுத்தலாம்.

மேலும் வான்ட் ஹாப் விதிகள் சர்க்கரை மற்றும் பல கரிமப் பொருள்கள் போன்ற மின்னுற்பகுபடாத பொருள்களுக்கு மட்டுமே பொருந்தும். மின்னுற் பகுபடுபொருள்கள் இவ்விதிகளுக்கு விலக்கானவை.

மின்னாற் பகுபடு பொருள்களின் அசாதாரணமான கூட்டியல்புகள்

கரும்பு சர்க்கரை, யூரியா போன்ற மின்னாற் பகுபடாத பொருள்களின் நீர்த்த கரைசல்களுக்கு மட்டுமே தம் விதிகள் பொருந்துவதை வான்ட் ஹாப் கவனித்தார். அமிலங்கள், காரங்கள், அசாதாரணமான அளவில் குறைவான மூலக்கூறு எடையும், உயர்ந்த சவ்வூ பரவல் அழுத்தமும், சாதாரணமாக உள்ள அளவைவிட அதிகமான உறைநிலை இறக்கமும், கொதிநிலை ஏற்றமுள்ள உப்புகள் போன்றவற்றிற்கு இவ்விதிகள் பொருந்துவதில்லை. அத்தகைய பொருள்கள் மின்னாற் பகுபடு பொருள்கள் ஆகும்.

மின்னாற் பகுபடாத பொருள்களின் நீர்த்த கரைசல்கள் சாதாரணமாக நடந்து கொண்டு வாயுவின் ஒரு கிராம் மூலக் கூறுக்கான $PV = RT$ எனும் சமன்பாட்டைப் பின்பற்றுகின்றன. இந்த சமன்பாட்டைப் பின்பற்றுகின்றன. இந்த சமன்பாட்டை மின்னாற் பகுபடு பொருள்களுக்குப் பொருத்துவதற்காக வான்ட் ஹாப் அதை $PV = i\,RT$ என மாற்றி எழுதினார்.

'i' என்பது வான்ட் ஹாப் காரணி அல்லது ஐசடோனிக் எண் எனப்படும்.

$$i = \frac{\text{சோதனையில் கிடைத்த சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்}}{\text{விதியின்படி கணக்கிடப்பட்ட சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்}}$$

$$\text{அல்லது } 'i' = \frac{\text{சோதனையில் கிடைத்த உறைநிலை இறக்கம்}}{\text{கணக்கிடப்பட்ட உறைநிலை இறக்கம்}}$$

$$\text{அல்லது } 'i' = \frac{\text{சோதனையில் கிடைத்த கொதிநிலை ஏற்றம்}}{\text{கணக்கிடப்பட்ட கொதிநிலை ஏற்றம்}}$$

ஒரே கரைபொருளுக்கும், ஒரே கரைப்பானுக்கும் ஒரே செறிவில் வெவ்வேறு முறைகளில் பெறப்பட்ட 'i' மதிப்பு ஒன்றாகக் காணப்படுகிறது. அதாவது அது கரைபொருளின் தன்மையும் கரைசலின் செறிவையும் பொறுத்தது. நீர்த்தல் அதிகமானால் 'i' மதிப்பும் அதிகமாகி வரம்பிலி நீர்த்தலில் ஒரு எல்லை மதிப்பை (limiting valve) எட்டுகிறது. மூலக்கூறுகள் இரண்டு அயனிகளாகப் பிரிகின்ற எல்லா மின்னாற் பகுபடு பொருள்களுக்கும் வரம்பிலிருந்து நீர்த்தலில் 'i'-ன் மதிப்பு ஏறத்தாழ 2ஆக உள்ளது. சோடியம் சல்பேட் போன்ற மூன்று அயனிகளாகப் பிரிகின்ற பொருள்களுக்கு வரம்பிலி நீர்த்தலில் 'i'-ன் மதிப்பு மூன்றை நெருங்கியுள்ளது. இதே போல 'i'-ன் மதிப்பு அயனிகளின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்திருக்கிறது.

சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம், உறைநிலை இறக்கம் போன்ற அளவுகள் கரைசலிலுள்ள துகள்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தவையாகையால், சாதாரணமாக இருக்கக் கூடியதை விட அசாதாரணமான அதிக அளவில் துகள்கள் தோன்றி விடுவதால்தா இத்தகைய உயர் மதிப்புகள் ஏற்படுகின்றன. மின்னாற்பகுபடு பொருள்கள் கரைசல்களில் அயனிகளாகப் பிரிந்து விடுகின்றன என அர்ஹீனியஸ் கற்பித்துச் சொன்னது மின்னாற் பகுபடு பொருள்களின் இந்த அசாதாரண மான நடத்தையை விளக்குகிறது. சாதாரண நிலையில் இருப்பதைவிட, பொருள்கள் அயனிகளாகப் புரியும்போது கரைசலிலுள்ள துகட்களின் எண்ணிக்கை பெருகிவிடுகிறது. எனவே வான்ட் ஹாப் காரணி மின்னாற் பகுபடு பொருள்களின் அயனிப் பிரிகை விகிதத்தை (degree of dissociation) சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம், உறைநிலை இறக்கம், கொதிநிலை ஏற்றம் ஆகிய அளவீடுகளிலிருந்து பெறமுடியுமென்பதே அதற்குச் சான்று. அயனிப் பிரிகை விகிதத்தை $\propto = \dfrac{i-1}{n-1}$ எனும் சமன்பாட்டிலிருந்தும் கணக்கிடலாம். இதில் '$\propto$' என்பது அயனிப் பிரிகை விகிதம், 'i'-வான்ட் ஹாப் காரணி, 'n'-ஒரு மூலக்கூறு பிரியும்போது உண்டாகும் அயனிகளின் எண்ணிக்கை.

$i = 1$ எனில் கரைசல் சாதாரணமான விகிதத்தில் நடந்து கொள்கிறது. 'i' ஒன்றைவிடப் பெரியதாக இருந்தால் கரைசலில் கரைபொருள் அயனிப் பிரிகை அடைகிறது என்பது வெளிப்படை. 'i' ஒன்றைவிடக் குறைவாக இருந்தால் கரைசலில் எதிர்பார்த்ததை விடக் குறைவான எண்ணிக்கையிலேயே துகட்கள் உள்ளன என்று பொருள்படும். இந்த மாதிரியான நிலை க்ரைசலிலுள்ள மூலக்கூறுகள் இணைந்து பெரிய துகள்களாகி, துகள்களின் எண்ணிக்கை குறையும் போதுதான் தோன்றும். இந்த நிகழ்ச்சி சேர்க்கை (association) எனப்படும். கரைசல் சேர்க்கையடைந்ததாகச் சொல்லப்படும்.

தெரிந்த செறிவுள்ள ஒரு மின்னாற் பகுபடு பொருளின் கரைசலின் ஐசோடோனிக் எண்ணையும், சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தையும் கணக்கிடுதல்

எடுத்துக் காட்டுகள்

500 மில்லி லிட்டர் சோடியம் குளோரைடு கரைசலில் 4.384 கிராம் உப்பு உள்ளது. 0°C-யிலும் 37°C-யிலும் அதன்

சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைக் கணக்கிடுக. சோடியம் குளோரைடின் அயனிப் பிரிகை விகிதம் 0·942. செறிவு மாறாமலிருக்கும்போது சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் தனி வெப்பநிலைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். 22·4 லிட்டரில் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு மின்னுற் பகுபடாத பொருள் உள்ள கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 0°C-யில் ஒரு வளி அழுத்தமாக 76 பாதரச செ. மீ. இருக்கும்; அல்லது ஒரு லிட்டரில் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு (ஒரு மோலார் கரைசல்) மின்னுற் பகுபடாத பொருளுள்ள கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 22·4 வளியழுத்தமாக இருக்கும்.

(a) $\text{மோலார் செறிவு} = \dfrac{\text{ஒரு லிட்டரிலுள்ள பொருளின் நிறை}}{\text{பொருளின் மூலக்கூறு எடை}}$

$$= \frac{4\cdot384 \times 2}{58\cdot46}$$

$$= 0\cdot15 \text{ கிராம் மூலக்கூறு/லிட்டர்}$$

0°C-யில் மின்னுற் பகுபடாப் பொருளின் ஒரு மோலார் கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் = 22·4 வளிகள்.

எனவே 0°C-யில் மின்னுற் பகுபடாப் பொருளின் 0·15 மோலார் கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் = 22·4 × 0·15

$$= 3\cdot36 \text{ வளிகள்.}$$

$$\propto = \frac{i-1}{n-1}$$

$$\text{அல்லது } i = 1+(n-)\propto$$

சோடியம் குளோரைடு மூலக்கூறு இரு அயனிகளாகப் பிரிவதால்

$$n = 2,\ \propto = 0\cdot942$$

$$\text{எனவே } i = 1+(2-1)\times 0\cdot942$$

$$= 1\cdot942$$

$$\text{மேலும் } `i' = \frac{\text{சோதனையில் கிடைத்த சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்}}{\text{கணக்கிடப்பட்ட சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்}}$$

அல்லது சோதனையில் கிடைத்த சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்

$= i \times$ கணக்கிடப்பட்ட சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்.

$= 1\cdot942 \times 3\cdot36$ வளிகள்.

$= 6\cdot524$ வளிகள்.

எனவே $0°C$-யில் கொடுக்கப்பட்ட கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் $= 6 \cdot 524$ வளிகள்.

(b) சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் ∝ தனி வெப்பநிலை $273°$ Aயில்

கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் $= 6 \cdot 524$ வளிகள்.

எனவே $310°A$ ($37°C$)-யில் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்

$$= \frac{6 \cdot 52 \times 310}{273}$$

$= 7 \cdot 408$ வளிகள்.

சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தையும், வெப்பநிலையையும் கொண்டு மின்னாற் பகுபடு பொருளின் கரைசலின் செறிவைக் கணக்கிடுதல் :

எடுத்துக்காட்டு

$37°C$ வெப்பநிலையில் 8 வளிகள் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமுள்ள சோடியம் குளோரைடு கரைசலை எவ்வாறு தயாரிப்பீர்கள் ?

$310°A$ ($37°C$)-யில் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் $= 8$ வளிகள்

$273°A$ ($0°C$)-யில் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் $= \frac{8 \times 273}{310}$

$= 7 \cdot 046$ வளிகள்.

$0°C$-யில் $22 \cdot 4$ வளிகள் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைச் செலுத்துகின்ற மின்னாற் பகுபடாத பொருளின் கரைசலின் மோலார் செறிவு $= 1$ கிராம் மூலக்கூறு/லிட்டர்.

எனவே $7 \cdot 046$ வளிகள் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமுள்ள மின்னாற் பகுபடாத பொருளின் கரைசலின் மோலார் செறிவு

$$= \frac{7 \cdot 046}{22 \cdot 4} \text{ மோல்கள்/லிட்டர்.}$$

$= 0 \cdot 3146$ மோல்கள்/லிட்டர்.

ஆனால் சோடியம் குளோரைடு ஒரு மின்னாற் பகுபடு பொருள். அதன் மூலக்கூறு இரண்டு அயனிகளாகப் பிரியும். எனவே $0°C$-யில் $7 \cdot 046$ வளிகள் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்

செலுத்துகின்ற சோடியம் குளோரைடு கரைசலின் மோலார் செறிவு.

$$\frac{0 \cdot 3146}{2} = 0 \cdot 1573 \text{ மோல்கள்/லிட்டர் இருக்கும்.}$$

ஒரு லிட்டரிலுள்ள மோல்களின் எண்ணிக்கை

$$= \frac{\text{ஒரு லிட்டரிலுள்ள பொருளின் எடை}}{\text{பொருளின் மூலக்கூறு எடை}}$$

எனவே ஒரு லிட்டரிலுள்ள பொருளின் எடை

$$= \text{மோல்களின் எண்ணிக்கை} \times \text{மூலக்கூறு எடை}$$

$$= 0 \cdot 1573 \times 58 \cdot 46 = 9 \cdot 194 \text{ கிராம்.}$$

எனவே ஒரு லிட்டரின் 9·194 கிராம் சோடியம் குளோரைடு உள்ள கரைசல் 37°C-யில் 8 வளிகள் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் உள்ளதாக இருக்கும். இக்கரைசலின் செறிவு = 0·9194%

ஒரு மின்னாற் பகுபடு பொருளின் உறைநிலை இறக்கம் அல்லது கொதிநிலை ஏற்றத்தைக் கணக்கிடுதல் :

ஒரு மின்னாற் பகுபடு பொருளுக்குக் கரைசலின் செறிவும், அதன் மூலக்கூறு எடையும் தெரிந்தால் அதன் உறைநிலை இறக்கத்தையும், கொதிநிலை ஏற்றத்தையும் கணக்கிட்டு விடலாம்.

$$i = \frac{\text{சோதனையில் கிட்டிய உறைநிலை இறக்கம்}}{\text{கணக்கிடப்பட்ட உறைநிலை இறக்கம்}}$$

$$= \frac{\text{சோதனையில் கிட்டிய கொதிநிலை ஏற்றம்}}{\text{கணக்கிடப்பட்ட கொதிநிலை ஏற்றம்}}$$

அதே போல உறைநிலை இறக்கமோ, கொதிநிலை ஏற்றமோ தெரிந்தால் கரைசலின் செறிவையும் கணக்கிட்டுவிடலாம்.

எடுத்துக்காட்டு

நீரில் சோடியம் சல்பேட்டின் 0·028 மோலார் கரைசலின் அயனிப் பிரிகை விகிதம் 0·83 ஆனால், கரைசலின் உறைநிலை என்ன ?

$$\alpha = \frac{i-1}{n-1} \text{ அல்லது } i = \alpha(n-1)+1$$

இங்கு $\alpha = 0.83$; சோடியம் சல்பேட் மூலக்கூறு மூன்று அயனிகளாகப் பிரிவதால் $n = 3$.

எனவே $i = 0{\cdot}83\ (3-1) + 1 = 2{\cdot}66$.

ஒரு மின்னுற் பகுபடாத பொருளின் 0.1 மோலார் கரைசலின் உறைநிலை இறக்கம் $= 0{\cdot}186^{\circ}$

எனவே ஒரு மின்னுற் பகுபடாத பொருளின் $0{\cdot}028$ மேலார் கரைசலின் உறைநிலை இறக்கம்.

$$= \frac{0{\cdot}186 \times 0{\cdot}028}{{\cdot}1}$$

$= 0{\cdot}0521$

= கணக்கிடப்பட்ட உறைநிலை இறக்கம்.

சோதனையில் கிட்டும் உறைநிலை இறக்கம்

= i × கணக்கிடப்பட்ட உறைநிலை இறக்கம்

$= 2{\cdot}66 \times 0{\cdot}0512$

$= 0{\cdot}1386^{\circ}$

எனவே கரைசலின் உறைநிலை $= -0{\cdot}1386^{\circ}C$

சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமும், ஆவியழுத்தக் குறைவும்

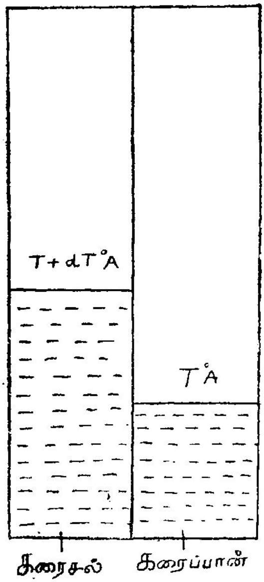
கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் = 'P'; தூய கரைப்பானின் ஆவியழுத்தம் = 'p'; கரைசலின் ஆவியழுத்தம் $= p$; வாயு மாறிலி = 'p'; தனி வெப்பநிலை = 'T'; கரைப்பானின் மூலக்கூறு எடை = 'M'; கரைசலின் அடர்த்தி = கரைசல் நீர்த்திருக்கும்போது கரைப்பானின் அடர்த்தி = 'S' எனில்

$$P = \left(\frac{p_{\circ}-p}{p_{\circ}}\right) SRT$$ எனக்காட்டப்பட்டுள்ளது.

சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமும், கொதிநிலை ஏற்றமும்

ஒரு திரவத்தின் தெவிட்டிய ஆவியழுத்தம் அதன் மேலுள்ள வெளியழுத்தத்திற்குச் சமமாகும்போது, அத்திரவம் கொதிக்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்டவெப்பநிலையில் ஒரு கரைசலின் ஆவியழுத்தம் கரைப்பானின் ஆவியழுயத்தத்தைவிடக் குறைவு. ஆகவே கரைசலின் கொதிநிலையைவிட அதிகமாயிருக்கும். இவ்வாறு **அதிகமாகி உள்ளதையே கொதிநிலை ஏற்றம் என்கிறோம்.**

ஒரு மணி ஜாடிக்குள் கரைப்பானும், கரைசலும் பகுதி விடு சவ்வினால் பிரித்து வைக்கப்பட்டு தத்தம் கொதிநிலைகளான $T, T+\delta T$ எனும் வெப்பநிலைகளில் இருக்கட்டும். அதனால் அவற்றின் ஆவியழுத்தங்கள் சமமாகவும் ஆவிகள் திரவப் பரப்பிற்கு மேலே ஒன்றோடொன்று தொடர்புள்ளதாகவும் இருக்கட்டும். இந்தத் தொகுப்பு சமநிலையில் இருக்கும். இதை $T, T+\delta T$ ஆகிய வெப்பநிலைகளுக்கிடையில் செயல்படுகின்ற ஒரு நேர்மாறுக்க தக்க வெப்ப எஞ்சினைக் கொண்டு பின்வரும் செயற்சுழலில் ஈடுபடுத்தலாம்.



படம் 58

(1) 'v' பருமனுள்ள கரைப்பான் சவ்வினூடே கரைசலுக் குள் செல்லட்டும். இப்போது செய்யப்பட்ட செயல் = சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் × பருமனில் ஏற்பட்ட மாற்றம்.

$= Pv$ எர்குகள் $= Pv/T$ கலோரிகள்.

(2) 'v' பருமனுள்ள கரைப்பான், கரைசல் பகுதியிலிருந்து ஆவியாகட்டும். அதன் அடர்த்தி 'd' எனில், அதன் நிறை $= vd$-

$T+\delta T$ வெப்பநிலையில் கரைப்பானின் ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் 'L_1' எனில் உட்கவரப்பட்ட வெப்பம்.

$H_1 = vdL_1$ கலோரிகள்.

(3) இந்த ஆவி கரைப்பான் பகுதிக்கு மாற்றப்படட்டும்.

திரவங்களின் மேலே அழுத்தங்கள் சமமாதலால் இதில் செயல் ஆற்றல் செலவாகாது.

(4) இந்த ஆவி 'T' வெப்பநிலையில் மீண்டும் திரவமாகட்டும். 'T' வெப்பநிலையில் திரவமாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் 'L' எனில் கழிக்கப்பட்ட வெப்பம் $= H_2 = vdL$.

இப்போது $\dfrac{H_1}{T+\delta T} = \dfrac{H_2}{T} = \dfrac{H_1 - H_1}{\delta T}$

$H_1 - H_2$ கலோரிகள் செய்யப்பட்ட செயல் $\frac{Pv}{J}$ கலோரிகளுக்குச் சமம்.

$$\therefore \frac{H_2}{T} = \frac{H_1 - H}{\delta T} = \frac{Pv}{J\delta T}$$

$$H_2 = vdL \text{ ஆதலால் } \frac{vdL}{T} = \frac{Pv}{J\delta T}$$

அல்லது $\delta L = \frac{PT}{LJd}$

எனவே கொதிநிலை ஏற்றம் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. எனவே ஐசடோனிக் (சமமான செயல் திறன் அழுத்தமுள்ள (கரைசல்களின் கொதிநிலைகள் சமமாயிருக்கும்.

100°C-யிலுள்ள ஒரு லிட்டர் நீரில், ஒரு மோல் கரைபொருள் கரைக்கப்பட்டால் வளி அழுத்தத்தில் அக்கரைசலின் கொதிநிலையில் ஏற்படும் ஏற்றத்தைக் கணக்கிடுவோம்.

0°C-யில் ஒரு வளியழுத்தத்தில் ஒரு லிட்டரில் ஒரு மோல் கரைபொருள் உள்ள கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் = 22·4 வளிகள்.

எனவே 100°C-யில் ஒருவளி அழுத்தத்தில் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் $= \frac{22 \cdot 4}{273} \times 373$ வளிகள்

$$= \frac{22 \cdot 4}{273} \times 373 \times 76 \times 13 \cdot 59 \times 981$$

டைன்கள்/செ.மீ.

'L' = 540 கலோரிகள்/கிராம்; 'T' = 100°C = 373°A; 100°C-யில் நீரின் அடர்த்தி 'd' = 0·958 கி/மி.லி.

$$\therefore dT = 373 \times \frac{22 \cdot 4}{273} \times \frac{76 \times 13 \cdot 59 \times 981}{0.958 \times 540 \times 4 \cdot 2 \times 10^7}$$

$$= \underline{0 \cdot 534°C}$$

எனவே ஒரு மோல் கரைசலின் கொதிநிலை ஏற்றம் 0·534°C எனில் 0°C-யில் அதன் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் = 22·4

வளிகள். $0 \cdot 1$ மோலார் கரைசலின் கொதிநிலை ஏற்றம் $0 \cdot 0534°$, ΔT மதிப்பு எனப்படும். எனவே கொதிநிலை ஏற்றம் $0 \cdot 1°$ எனில் $0°C$-யில் கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்

$$= \frac{22 \cdot 4}{\cdot 534} \times 0 \cdot 1$$

$= 4 \cdot 3$ வளிகள்.

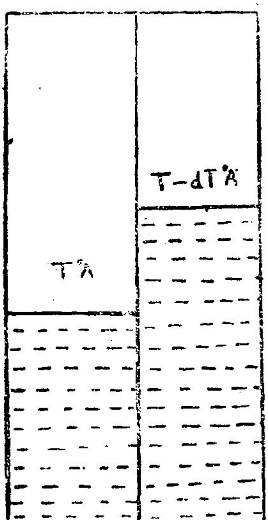
$= 4 \cdot 3 \times 76.$

$= 326 \cdot 8$ வளிகள்.

இதிலிருந்து கொதிநிலை தெரிந்தால் எந்த வெப்பநிலையிலும் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைக் கண்டுபிடித்துவிடலாம் என்பது விளங்கும்.

சவ்வூடு பரவலும் உறைநிலை இறக்கமும்

ஒரு திரவத்தின் ஆவியழுத்தம் திடப்பொருளின் ஆவியழுத்தத்திற்குச் சமமாகும் வரை அதன் வெப்பநிலை குறைக்கப் பட்டால் திரவம் உறைகிறது. கரைசலின் ஆவியழுத்தம் கரைப்பானின் ஆவியழுத்தத்தை விடக் குறைவானதால் கரைசலின் உறைநிலை தூய கரைப்பானின் உறைநிலையை விடக் குறைவாயுள்ளது. இதை உறைநிலை இறக்கம் என்கிறோம்.



படம் 59

முன்போலவே ஒரு மணிஜாடிக்குள் ஒரு கரைப்பானும், கரைசலும் ஒரு பகுதி விடு சவ்வினுல் பிரித்து வைக்கப்பட்டு தத்தம் உறைநிலைகளான $T, T-\delta T$ ஆகிய வெப்பநிலைகளில் சமநிலையிலிருக்கட்டும். இதை ஒரு நேர் மாருக்கத் தக்க வெப்ப எஞ்சினுகக் கருதிப் பின்வரும் செயற் சுழலில் ஈடுபடுத்துவோம்.

(1) 'v' பருமனுள்ள அல்லது vd நிறையுள்ள கரைப்பான், சவ்வின் வழியிலே கரைசலுக்குள் செல்லட்டும். சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 'P' எனில் செய்யப்பட்ட வேலை $= Pv/J$ கலோரிகள்.

(2) இந்த கரைப்பானைத் திடமாக உறைய விட்டால், அது $H_2 = vdL_1$ கலோரி வெப்பத்தை இழக்கும். இங்கும் 'L_1' என்பது $T-\delta T$ வெப்பநிலையில் உறைதலின் உள்ளுறை வெப்பம்.

(3) உறைந்த திடப்பொருளைக் கரைப்பானுக்கு மாற்றுக.

(4) இறுதியாக இத்திடப் பொருளை மீண்டும் திரவமாகினால் அது $H_1 = vdL$ கலோரி வெப்பத்தை உட்கவரும். இதில் 'L' என்பது 'T' வெப்பநிலையில் உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்.

முன்போலவே $$\frac{H_1}{T} = \frac{H_2}{T-\delta T} = \frac{H_1-H_2}{\delta T} = \frac{Pv}{J\cdot\delta T}$$

$$H_1\ vdL \text{ ஆதலால் } \frac{vdL}{T} = \frac{Pv}{T\delta T}$$

$$\text{அல்லது } \delta T = \frac{PT}{JdL}$$

உறைதலின் உள்ளுறை வெப்பம் ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பத்தை விடக் குறைவாதலால் உறைநிலை இறக்கம் கொதிநிலை ஏற்றத்தைவிட அதிகமாயிருக்கும். 0°C-யில் 76 பா. செ.மீ., அழுத்தத்தில் (*NTP*) ஒரு லிட்டர் நீரில் ஒரு மோல் கரைபொருள் உள்ள கரைசலுக்கு சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்

$$P = 22\cdot4 \times 76 \times 13\cdot59 \times 981 \text{ டைன்கள்/செ.மீ.}^3$$

$$T = 0^\circ C = 273^\circ A;\ L = 80 \text{ கலோரி / கிராம்};\ d = 1.$$

$$\text{எனவே } \delta T = \frac{22\cdot4\times273\times76\times13\text{-}59\times981}{1\times80\times4\cdot19\times10^7}$$

$$= 1\cdot85^\circ C$$

ஒரு மோலார் கரைசலுக்கு உறைநிலை இறக்கம் = 1·85° 0·1 மோலார் கரைசலுக்கான உறைநிலை இறக்கம் 0·185°, ΔT மதிப்பு எனப்படும். எனவே ஒரு கரைசலுக்கு உறைநிலை இறக்கம் 0·185° ஆனால் 0°C-யில் அதன் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் = 22·4 வளிகள்.

எனவே உறைநிலை இறக்கம் 0.1° ஆனால், $0^\circ C$-யில் கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்.

$$= \frac{22 \cdot 4 \times 0 \cdot 1}{1 \cdot 85} = 1 \cdot 204 \text{ வளிகள்.}$$

$$= 91 \cdot 5 \text{ பா·செ.மீ.}$$

இதிலிருந்து செறிவு தெரியாத ஒரு கரைசலின் உறைநிலை தெரிந்து விட்டால் எந்த வெப்பநிலையிலும் அதன் சவ்வூடு அழுத்தத்தைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

6. உயிரிகளில் சவ்வூடு பரவல்

தாவரங்கள், மிருகங்கள் போன்ற எல்லா உயிரிகளும் செல்களாலானவை. செல் மீள்திறனுள்ள சுவர்கள் உள்ளது. அதற்குள் பல்வேறு பொருள்களும், உணவுச் சத்துக்களும் கரைசலாக அடங்கியுள்ளன. செல்களைச் சிற்றி திரவ ஊடகம் உள்ளது. பிளாஸ்மாடிக் படலம் எனப்படும் செல் சுவர் நீரையும், சில குறிப்பிட்ட கரைபொருள்களையும் தன்னூடே செல்ல விடும். ஆனால் செல்லினுள் உள்ள உணவுச் சத்துக்களை வெளியேற விடாது. இவ்வாறு செல்சுவர் சிலவகைக் கரைபொருள்களையும் தன்னூடே செல்ல விடுவதால் அதைப் பகுதி விடு சவ்வு என்பதைவிட தேர்ந்து செலுத்து சவ்வு (Selective permeabele) என்று அழைக்கலாம். அதன் விளைவாக செல்லினுள் உள்ள பொருள்களுக்கும், வெளியிலுள்ள திரவ ஊடகத்திற்கும் இடையில் சவ்வூடு பரவல் ஏற்படுகிறது. இருந்தாலும் செல்லிலிருந்து வெளியிலோ அல்லது வெளியிலிருந்து செல்லுக்குள்ளோ அளவுக்கதிகமான நீர் சென்றால் செல்கள் செயல்படுவது பாதிக்கப்படும். எனவே செல்கள் நல்ல முறையில் செயல்படுவதற்கு, செல்லுக்கு உள்ளேயும் வெளியேயும் உள்ள பொருள்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தங்களுக்கிடையில் ஒரு சமநிலை ஏற்படல் அவசியமாகும்.

கடல்வாழ் முதுகெலும்புள்ள உயிரிகள், கடைநிலை கடல் மீன்கள் ஆகியவற்றிற்கு, அவை செறிவுமிக்க கடல் நீரிலுள்ள போது அவற்றின் உடலில் செல்களைச் சுற்றியுள்ள திரவத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம், கடல் நீரின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்குச் சமமாக உள்ளதாகக் காணப்பட்டுள்ளது. அதே போல அவற்றை செறிவு குறைந்த கடல் நீரில் விட்டபோது, உடல் திரவத்தின் சவ்வூடு அழுத்தம் மாறி நீர்த்த கடலின் நீரின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்குச் சமமாகிவிடும். எனவே இத்தகைய மிருகங்களின் உடல் திரவங்களின் சவ்வூடு பரவல்

அழுத்தம், அவை வாழ்கிற நீரின் செறிவிற்குத் தக்கபடி மாறு கின்றது. அதாவது இத்தகைய உயிரிகளில் அவற்றின் உடல், திரவங்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தங்களை ஒழுங்கு படுத்து வதற்கான அமைப்பு எதுவுமில்லை. இருந்தாலும் உயிரினத்தின் மேல் மட்டத்திலுள்ள மிருகங்களில், முக்கியமான உடல் திரவ மான இரத்தத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் ஏறக்குறைய மாறிலியாக உள்ளது. அதே சமயத்தில் அது சுற்றியுள்ள ஊட கத்தைப் பொறுத்திருப்பதுமில்லை. உயிரி இனவரிசையில் மேலே போகப்போக மிருகங்களின் இரத்தத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திறன் மதிப்பு படிப்படியாகக் குறைவதைக் காண் கிறோம். பாலூட்டிகளின் இரத்தத்தின் உறைநிலை ஏறக் குறைய—0·59°C-யில் மாறிலியாக உள்ளது. அது உடல் வெப்பநிலையான 37°C-யில் சுமார் 8 வளிகள் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்கானது. மனிதனின் இரத்தத்தின் உறைநிலை சுமார் 0·56°C-யாக, அதன் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் ஒரு மாறிலி எனக் காட்டுகிறது. எனவே நாம் உயிரி இனவரிசை கீழ்நிலை மிருகங்களிலிருந்து மனிதன் வரை மேலே செல்லும் போது இரத்தத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தை ஒழுங்கு படுத்தும் அமைப்பு மென்மேலும் செம்மைப்படுத்தப்பட்டிருப் பதைப் பார்க்கிறோம். மனிதனின் விஷயத்தில் அந்த அமைப்பு முழுமையாகச் செம்மைப்படுத்தப்பட்டிருக்கவேண்டும். ஏனெனில் ஒரு நாளில் உணவு உண்ணுவதால் நீரருந்துவதா லும், இரத்தத்தில் கரைந்துள்ள பொருள்களின் செறிவில் ஏற் படுகின்ற பெரும் மாற்றங்கள் அதன் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத் தில் மிகச்சிறிய அளவு மாற்றங்களையே ஏற்படுத்துகின்றன. இல்லாவிடில் செல்களும், உறுப்புகளும் சரியாக இயங்கவே முடியாது.

இரத்தத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தை ஒழுங்கு படுத்துதல்

சிறுநீரகங்களின் பங்கு

இரத்தித்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தை ஏறக்குறைய மாறிலியாக வைப்பதில் சிறுநீரகங்களின் முக்கியப் பங்கு வகிக் கின்றன. முன்னமே சொன்னது போல மனித இரத்தத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் 0·56°C உறைநிலை இறக்கத்திற்கு ($\triangle T$ மதிப்பு) ஒத்ததாக உள்ளது. இரத்தத்தில் கரைந்துள்ள பொருள்களின் செறிவு அதிகரித்து அதன் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் அதிகரிக்கும் போல இருந்தால், சிறுநீரகம் செறிவு மிக்க (உப்புகள் நிறைந்த சிறுநீரை வெளியேற்றி விடுகிறது.

அதேபோல இரத்தத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தில் குறைவு ஏற்படக்கூடிய சமயத்தில் உடலிலிருந்து நீர்த்த (நீர்நிறைந்த) சிறுநீர் வெளியேற்றப்படுகிறது. எனவே உடல்நலமுள்ள மனிதனின் இரத்தத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் மாருமல் இருந்த போதிலும், சிறுநீரின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் நேரத்திற்கு நேரம் $1 \cdot 3°$-யிலிருந்து $2 \cdot 3$ C வரையிலான ΔT மதிப்புகளுக்கு ஒத்தவகையில் கணிசமாக மாறிக் கொண்டிருக்கும்.

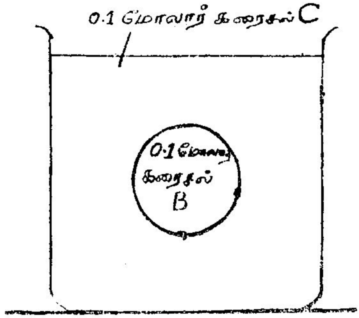
சிறுநீரகங்கள் சரியான முறையில் இயங்காவிடில் இரத்தத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் கணிசமாக அதிகரித்து விடும். எனவே சிறுநீரகங்களின் இயக்கத்தைப் பரிசோதிக்க இரத்தத்தின் உறைநிலையைக் கண்டுபிடித்து ஆராயலாம். $0 \cdot 56$ C எனும் ΔT மதிப்பிலிருந்து கணிசமான வேறுபாடு இருந்தால் சிறுநீரங்கள் பாதிக்கப்பட்டுள்ளன என்று பொருள். சிறுநீரகங்களில் ஒன்று மட்டுமே பாதிக்கப்பட்டிருந்தால் ΔT-யின் மதிப்பில் சிறிய மாற்றமே இருக்கக்கூடும். ஆனல் இரு சிறுநீரகங்களும் பாதிக்கப்பட்டுள்ளபோது ΔT-யின் மதிப்பு $0 \cdot 56$°C-யிலிருந்து $1 \cdot 0$°C உயரக்கூடும்.

கரைசலின் செயல் வலு (Tone or Tonicity)

தாவர, மிருக செல்களிலுள்ள சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைப் பற்றி கவனிக்குமுன் செயல் வலு அல்லது டோனிசிடி என்றுல் என்ன என்பதைப் புரிந்துகொள்ள வேண்டும். செயல்களுக்குள் உள்ள அழுத்தம் அல்லது இருவிசையை செயல் வலு குறிக்கிறது. அந்த அழுத்தம் செல்லுக்குள் உள்ள பொருள்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்குச் சமமாக இருக்க வேண்டுமென்பது அவசியமில்லை. செயல் வலுவிற்கும், சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்கும் இடையிலுள்ள வேறுபாட்டைப் பின் வரும் எடுத்துக்காட்டினுல் விளக்கலாம்.

ஒரு பகுதி விடுசவ்வு நீருக்கும் (கரைப்பான்), 'A' எனும் கரைபொருளுக்கும் ஊடு செல்லக்கூடியதாகவும், B, C எனும் கரைபொருள்களைத் தடுத்து விடுவதாயும் கொள்வோம். மேற்கண்ட கரைபொருள்கள் நீரிலுள்ள கரைசல்கள் இத்தகைய சவ்விற்கு இருபுறத்திலும் உள்ளதாகக் கொள்வோம். சவ்விற்கு இருபுறமும் கரைசல்களின் மோலார் செறிவுகள் சமம். எனவே இரு கரைசல்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தங்களும் சமம். ஆகவே அவை ஐசோஸ்மாடிக் (Isosmotic) கரைசல்கள் ஆகும். B, C ஆகிய கரைபொருள்கள் சவ்வின் வழியே செல்லமுடியாது. எனவே இவ்விஷயத்தில் சவ்வு இலட்சியப் பகுதிவிடு சவ்வாகச்

செயற்படுகிறது. சவ்வின் இருபுறங்களிலுமுள்ள கரைசல்களின் செறிவுகள் சமமான படியால் சவ்வூடு பரவல் ஏற்படுவதில்லை. எனவே இருதிரவங்களும் ஒரே செயல் வலுவுள்ளவை. அதாவது அவை ஒன்றுக் கொன்று ஐசடோனிக் பண்புள்ளவை. ஏனெனில் B, C ஆகிய சவ்வூடு பரவமுடியாத கரைபொருள்களின் மோலார் செறிவுகள் சமமாகும்.

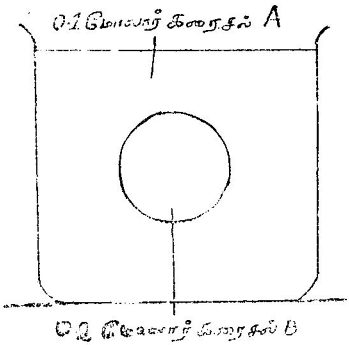


படம் 60

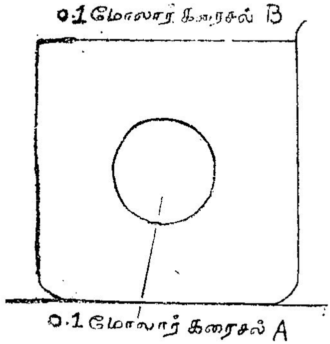
'A' கரைசலும், 'B' கரைசலும் சவ்வினுல் பிரிக்கப்பட்டுள்ள போதும் அவை ஐசோஸ்மாடிக் கரைசல்களாக உள்ளன. சவ்வு, கரைப்பானையும், 'A' கரைபொருளையும் தன் வழியே செல்லவிடுகிறது. ஆனுல் 'B' கரைப்பொருளைத் தடுத்து விடுகிறது. எனவே சவ்விற்கு வெளியே 'A' கரைசல் இருந்த போதிலும் சவ்வு கரைப்பான் மட்டுமே இருப்பதுபோல நடந்து கொள்கிறது. சவ்வின் இருபுறங்களிலும் A-யின் செறிவு சமமாகும்வரை 'A' கரைபொருள் சவ்வின் வழியாக உள்ளே செல்கிறது. அதன் விளைவாக உள்ளேயிருக்கும் நீரின் செறிவு குறைகிறது; வெளியே நீரின் செறிவு அதிகரிக்கிறது. எனவே சமநிலையை ஏற்படுத்துவதாக வெளியிலிருந்து உள்ளே சவ்வூடு பரவல் நிகழ்கிறது. இதனுல் சவ்வின் உள்ளேயிருக்கும் கரைசலின் பருமன் அதிகமாகிறது. உள்ளேயிருக்கும் கரைசலின் செயல் வலுவைவிட வெளியிலிருக்கும் கரைசலின் செயல்வலு குறைவாக உள்ளது; அதாவது வெளியிலிருக்கும் ஹைபோடானிக்காக இருக்கிறது.

'A' கரைசல் உள்ளேயும், B கரைசல் வெளியேயும் உள்ள போதும் இரு கரைசல்களும் ஐசோஸ்மாடிக்காக இருக்கின்றன. 'B' கரைபொருள் சவ்வின் வழியே செல்லமுடியாது. எனவே அதன் மூலக்கூறுகள் சவ்வினுள் உள்ள கரைசலுக்குள் நுழையாது. 'A' கரைபொருள் சவ்வின் வழியாகச் செல்லக்கூடியது. எனவே உள்ளே நீர் மட்டும் இருப்பது போலவே சவ்வு நடந்து கொள்கிறது. எனவே மேலே கூறியது போலவே உள்ளேயிருந்து நீர் வெளியேறுகிறது. இப்போது வெளியிலிருக்கும் கரைசலின் செயல்வலு உள்ளிக்கும் கரைசலின் செயல்வலுவைவிட அதிகமாயிருக்கும் அதாவது அது ஹைப்பர்டோனிக்காக உள்ளதாகச் சொல்லப்படும்.

சவ்வின் இரு புறங்களிலும் படத்தில் காட்டியபடி கரைசல்கள் உள்ளபோது அவை ஐசோஸ்மாடிக்காக

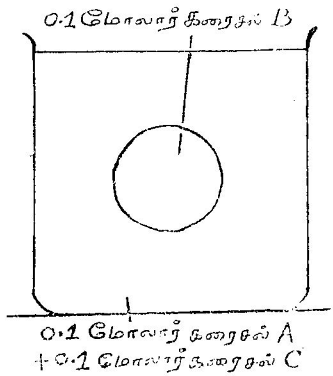


படம் 61



படம் 62

இருக்காது. ஏனெனில் உள்ளேயிருக்கும் கரைசலின் மோலார் செறிவு $0 \cdot 1$ ஆகவும், வெளியிலிருக்கும் கரைசலின் மோலார் செறிவு $0 \cdot 2$ ஆகவும் உள்ளது. எனவே '*A*' மூலக்கூறுகள் உள்ளே செல்வது, வெளியே செல்லும் நீர் மூலக்கூறுகளால் ஈடு செய்யப்படுகிறது. எனவே வெளியிலுள்ள கரைசலில் $0 \cdot 1$ கிராம் மூலக்கூறுகள், '*C*' மூலக்கூறுகள் இருப்பது மட்டும்போலவும், '*A*' மூலக்கூறுகளே இல்லாதது போலவும் சவ்வு நடத்து கொள்கிறது. சவ்வின் உள்ளேயிருக்கிற கரைசலில் $0 \cdot 1$ கிராம் மூலக்கூறு *B* கரை பொருள் உள்ளது. சவ்வின் வழியே *B*, *C* மூலக்கூறுகள் செல்லாது. அதன் விளைவாக இரு கரைசல்களும் ஐசோஸ்மாடிக்காக இல்லாத போதிலும் ஐசோடானிக்காக இருக்கும்.

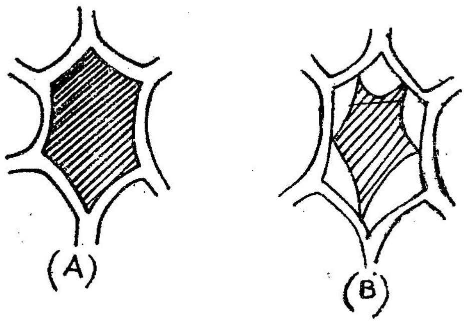


படம் 63

இவ்வாறு ஒரு கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் அதில் கரைந்துள்ள பொருள்களின் மொத்த மோலோர் செறிவைப் பொறுத்துள்ளது. ஆனால் ஒரு கரைசலின் செயல்வலு குறிப்பிட்ட சவ்வின் வழியே செல்லாத கரைபொருள்களின் மோலார் செறிவை மட்டுமே பொறுத்துள்ளது.

தாவர செல்களில் சவ்வூடு பரவல்

தாவர செல்களில் தேர்ந்து செலுத்தும் சவ்வைச் சுற்றி ஒரு செல்லுலோஸ் உறை உள்ளது. செல்லுலோஸ் உறைவழியாக கரைப்பான் கரைபொருள் மூலக்கூறுகள் தடையின்றி செல்லும். ஆனால் பிளாஸ்மாட்டிக் சவ்வு தன்வழியாக கரைப்பான் மூலக் கூறுகளை மட்டுமே செல்லவிட்டு சில கரைபொருள்கள் மூலக் கூறுகளைத் தடுத்துவிடுகிறது. சாதாரணமான சூழ்நிலைகளில் செல்களில் முழுமையாக கரைசல் நிரம்பியிருப்பதால் சவ்வு



படம் 64

செலுலோஸ் உறையோடு ஒட்டியமைந்து பெருத்த நிலையை (Turgor) (படம் A). ஏற்படுத்தும் செல்லை ஓர் உப்புக் கரைசலில் வைத்தால் உப்புக் கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் செல்லினுள் உள்ள திரவங்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைவிட அதிகமாயிருப்பதால், செல்லின் உள்ளேயிருந்து வெளியே சவ்வூடு பரவல் ஏற்படுகிறது. எனவே செல்லிருந்து நீர் வெளியேறி செல் சுருங்குகிறது. அதனால் செல் சுவர் செலுலோஸ் உறையிலிருந்து பிய்த்துக் கொண்டு பெருத்த நிலையை இழக்கிறது. சவ்வூடு பரவலினால் இவ்வாறு ஏற்படும் செல் சுருக்கம் பிளாஸ்மா சவ்வுச் சுருக்கம் (Plasmolysis) எனப்படும். பிளாஸ்மாலிசுக்கு ஆளான செல்லை ஒரு ஹைபோடானிக் கரைசலில் வைத்தால் செல்லுக்குள் நீர் சென்று மீண்டும் புடைக்கிறது.

தாவரங்களுக்குப் பெருத்தல் மிக முக்கியமானது. இதனால் தான் மென்மையான தாவரம் தாங்குதலின்றி நிமிர்ந்து நிற்க முடிகிறது. திசுக்களின் வளர்ச்சியும் பெருத்தலையே பொறுத்

பெருத்தல் அதிகமாயுள்ள பகுதிகளில் செல் வளர்ச்சியும் அதிகமாகியுள்ளது.

தாவர செல்களினுள் உள்ள பொருள்களின் செயல்வலுவைக் கண்டுபிடித்தல்—பிளாஸ்மா சவ்வுச் சுருக்குமுறை

செல்லை வெவ்வேறு செறிவுகளுள்ள கரைசல்களில் வைத்துப் பார்த்தால் ஒரு குறிப்பிட்ட செறிவுள்ள கரைசலில் இருக்கும் போது பிளாஸ்மா சவ்வுச் சுருக்கம் நின்றுவிடும். அந்தக் கரைசல் செல்லினுள் உள்ள பொருள்களோடு ஐசடோனிக்காக, சம செயல் வலுவுள்ளதாக இருக்கும். அதன் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் செல்லினுள் உள்ள பொருள்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்திற்கு ஏறக்குறைய சமமாக இருக்கும்.

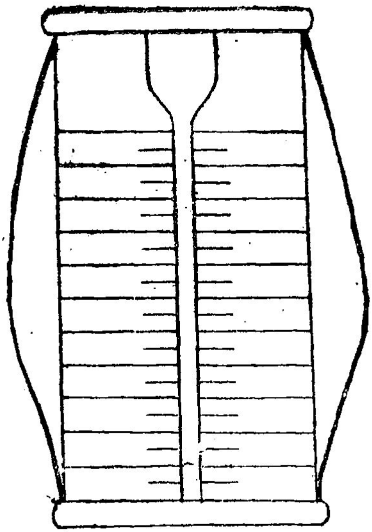
சிவப்பு இரத்த அணுக்களின் சவ்வூடு பரவல்

சிவப்பு இரத்த அணுக்களும், ஒரு தேர்ந்து செலுத்தும் சவ்வினால் மூடப்பட்டுள்ளன. ஆனால் தாவர செல்களைப் போல சவ்விற்கு மேலே ஒரு செல்லுலோஸ் உறையில்லை. சிவப்பு அணுவை சோடியம் குளோரைடின் உயர் வலு (Hypertonic) கரைசலில் வைத்தால் சிவப்பு அணுவிற்கு உள்ளேயிருந்து வெளியே சவ்வூடு பரவல் நிகழ்கிறது. நீர் வெளியேறுவதால் சிவப்பணுக்கள் சுருங்கிவற்றிப் போய் மெதுவாகக் கீழே படிந்து விடுகின்றன. மேலே தெளிந்த திரவம் இருக்கும். ஆனால் சிவப்பணுக்களை சோடியம் குளோரைடின் குறைந்தவாறு (Hypotonic) கரைசலில் வைத்தால் அணுவிற்குள் நீர் புகுந்து அது பெருத்து விடுகிறது. செல் சுவரைப் பாதுகாக்க செலுலோஸ் உறை இல்லாதால் சவ்வு அதிகமாக இழுபட்டு ஹீமோகுளோபின் வெளியே வந்து சுற்றியுள்ள கரைசலை சிவப்பாகி விடுகின்றது. இவ்வாறு ஹிமோகுளோபின் சவ்வின் வழியாக வெளியேறுதல் சிவப்பு இரத்த அணுச்சிதைவு (Haemolysis) எனப்படுகிறது.

சிவப்பு அணுக்களுக்குள் உள்ள பொருள்களின் செயல் வலுவைக் கண்டுபிடித்தல்

சோடியம் குளோரைடு சிவப்பு இரத்த அணுவின் சவ்வைக் கடந்து செல்லமுடியாது. எனவே சிவப்பணுவை வெவ்வேறு செறிவுகளுள்ள சோடியம் குளோரைடு கரைசல்களில் வைத்துப் பார்த்து சோதித்து சிறிதளவு வேறுபடுகின்ற செறிவுள்ள இரு கரைசல்களை—ஒன்றில் சிவப்பணுக்கள் வற்றி கீழே படியத் துவங்குமாறும், மற்றத்தில் அவை பெருத்து இலேசாக ரத்த

அணுச் சிதைவு தோன்றுமாறும் தேர்ந்தெடுக்கலாம். அதாவது ஒன்று சிவப்பணுக்களைவிட லேசாக ஹைபர்டானிக்காகவும் மற்றது இலேசாக ஹைபோடானிக்காகவும் இருக்கவேண்டும். முதல் கரைசலில் சிவப்பு அணுக்கள் சுருங்கும்; பின்னதில் பெருக்கும். சிவப்பணுக்களை அவற்றிலுள்ள பொருட்களுக்குச் சமமான செயல் வலுவுள்ள கரைசலில் போட்டால் வற்றுதலோ, இரத்த அணுச் சிதைவோ ஏற்படாது. அதவாது சிவப்பணுக்களின் பருமன் மாருது. இத்தத்துவத்தின் அடிப்படையில்



படம் 65

ஹீமாடோக்ரைட் கருவியைப் பளன்படுத்தி இரத்தச் சிவப்பு அணுக்களின் உள்ளிருக்கும் பொருள்களின் செயல்வலு கண்டு பிடிக்கப்படுகிறது.

ஹீமாடோக்ரைட் என்பது மேல்முனையில் புனல்வடிவான சிறிய அளவு குறிக்கப்பட்ட நுண் துளைக்குழாயாகும். அதன் உச்சியில் ஒரு சிறிய பீச்சுக்குழலை இணைத்து அதற்குள் சிறிது இரத்தத்தை இழுக்கலாம். இரத்தத்தின் பருமன் முதலில் குறித்துக் கொள்ளப்படும். பின்னர் ஹீமாடோக்ரைட்டின் இரு முனைகளும் வில் கம்பிகளால் பொருத்தப்பட்ட தக்கைகளால் மூடப்படும். பின்னர் அதை சென்டிரிப்யூஜ் கருவியில் வைத்து வேகமாகச் சுழற்ற வேண்டும். போதுமான நேரம் சுழற்றிய

பின்னர் இரத்த அணுக்கள் அடங்கி ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனை அடைத்துக் கொள்ளும். அந்த பருமன் குறித்துக் கொள்ளப் படும். ஹீமாடோக்ரைட்டை வெளியிலெடுத்துக் கழுவி உலர்த்திவிட்டு மீண்டும் முன்போலவே அதே பருமனுள்ள இரத்தத்தை எடுத்துக்கொண்டு அதோடு தெரிந்த பருமனும், செறிவும் உள்ள கரைசலைக் கலந்து கொண்டு சென்டிரிப்யூஜில் வைத்து சுழற்ற வேண்டும். கரைசல், இரத்த அணுக்களிலுள்ள பொருள்களைப் பொறுத்து ஹைபோடானிக்காக இருந்தால் இரத்த அணுக்கள் பெருத்துவிடும். ஆகவே சுழற்றி முடித்தபின் அவை முன்பைவிட அதிகம் பருமனை அடைத்துக் கொள்ளும். கரைசல் ஹைபர்டோனிக்காக இருந்தால் சிவப்பணுக்கள் சுருங்கிவிடும். எனவே சுழற்றி முடித்த பின்னர் அவை முன்பை விட குறைந்த பருமனுள்ளவையாயிருக்கும். கரைசல் இரத்த அணுக்களுக்குள் உள்ள பொருள்களோடு ஐசடோனிக்காக இருந்தால் இரத்த அணுக்களின் பருமனில் மாற்றமிருக்காது. எனவே செல்லினுள் உள்ள பொருள்களின் செயல்களின் செயல் வலு அத்தகைய கரைசலின் செல்வலுவிற்குச் சமமாக இருக் கும். எனவே சிறிது சிறிதாக மாறுகின்ற செறிவுகளுள்ள கரைசல்களைப் பயன்படுத்தி மேற்கண்ட சோதனையைத் திரும் பத்திரும்பச் செய்து எந்த கரைசல் சிவப்பு அணுக்களோடு ஐசடோனிக்காக, அதாவது சிவப்பு அணுக்களுள் உள்ள பொருள்களின் செயல்வலுவிற்குச் சமமான செயல் வலுள்ளதாக இருக்கிறது என்பதைக் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

சிவப்பு அணுக்களின் சவ்வின் செலுத்துகை (Permeability) :

ஹீமாடோக்ரைட்டைப் பயன்படுத்தி எந்தெந்தப் பொருள் கள் சிவப்பு அணுக்களின் சவ்வின் வழியாகச் செல்ல முடியு மெனவும் கண்டுபிடிக்கலாம். சிவப்பு அணுக்களுள் உள்ள பொருள்களின் செயல் வலுவிற்குச் சமமான செயல்வலுள்ள, அதாவது ஐசடோனிக்காக உள்ள சோடியம் குளோரைடு கரைசலில் சிவப்பு அணுக்களைக் கலந்தால், அவற்றின் பருமன் மாருது. சிவப்பு அணுச் சவ்வைக் கடந்து செல்லக்கூடிய மற்ருெரு பொருளை சோடியம் குளோரைடு கரைசலில் கலந்தால், அப்பொருள் கரைசலின் செயல் வலுவை மாற்ருது. ஆகவே சிவப்பு அணுக்களின் பருமனில் நிரந்தரமான மாற்றமெதுவும் ஏற்பட்டு விடாது. ஆனல் புதிதாகச் சேர்க்கப்பட்ட பொருள் சிவப்பு அணுவின் சவ்வைக் கடந்து செல்லமுடியாததாக இருந்தால், கரைசலின் செயல்வலு அதிகரித்து செல்களிலிருந்து நீர்வெளியேறி, அதன் விளைவாக சிவப்பு அணுக்கள் சுருங்கும்.

இம்மாதிரிச் சோதனைகளிலிருந்து அமின்கள், எஸ்டர்கள், ஒற்றை சாக்கரைடுகள், ஆல்கஹால்கள், கீடோன்கள், ஹைட்ரஜன் அயனிகள், ஹைட்ராக்ஸில் அயனிகள், குளோரைடு அயனிகள், பைகார்பனேட் அயனிகள் ஆகியவைகள் சிவப்பணுவின் சவ்வினூடே பரவக்கூடியவை எனவும், இரட்டை சாக்கரைடுகள், மேல் நிலை போலிஹைட்ரிக் ஆல்கஹால்கள், அமினோ அமிலங்கள், சோடியம் அயனிகள் ஆகியவைகள் அணுச்சிதைவினூடே பரவாது எனவும் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

உடலியல் உப்புக் கரைசல்களில் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம்

உடலில் ஏற்படும் இரத்த இழப்பை ஈடு செய்வதற்காக இரத்த மண்டலத்தில் உடலியல் உப்புக் கரைசலைச் செலுத்த வேண்டியிருக்கும்போது, அத்தகைய கரைசல் குறிப்பிட்ட அளவில் கலக்கப்பட்ட பொருட்கள் அடங்கியிருக்க வேண்டும். அதன் பாகுநிலை எண்ணும், சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமும், இரத்தத்தினுடையதற்குச் சமமானதாயிருத்தல் வேண்டும். அப்படியில்லாவிடில் சவ்வூடு பரவலின் காரணமாக செல்கள் சரிவர செயல்படாது. அதேபோல சோதித்துப் பார்ப்பதற்காக திசுக்களை உடலுக்கு வெளியே சற்றுநேரம் வைக்கவேண்டிய தேவை ஏற்படும்போதும், அவற்றை இரத்தத்திற்குச் சமமான சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமுள்ள உடலியல் உப்புக்கரைசலில்தான் வைக்கவேண்டும். இதனால் சவ்வூடு பரவல் நிகழாமல் தடுக்கப் பட்டு திசுக்களில் எந்தவித மாற்றமும் ஏற்படாது.

உயிரியல் மாற்றங்களில் (Physiological Process) **சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தில் பங்கு.**

செல்லிடைத் திரவத்தின் கலப்பு விகிதத்தையும், பருமனையும் ஒழுங்கு படுத்துதல்.

(1) நிணநீர் (Lymph) திசுக்களின் செல்களுக்கு இடையிலுள்ள வேறுபாட்டினாலும், தந்துகிக் குழாய்களில் இரத்தத்தின் நீர்நிலையியல் அழுத்தத்தினால் ஏற்படும் வடிகட்டு முறையாலும் இரத்தத்திலிருந்து தோற்றுவிக்கப்படுகின்றது.

செல்களில் நிகழ்கின்ற இரசாயன மாற்றங்களின் விளைவாக சிக்கலான சேர்மங்கள் எளிய சேர்மங்களாகச் சிதைக்கப்படு கின்றன. அதன் விளைவாக செல்களிலுள்ள பொருட்களின் மோலார் செறிவும், சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமும் அதிகரிக் கின்றன. செல் சுவர்கள் தேர்ந்து செலுத்தும் பண்புள்ளவை

யாதலால் இந்த இரசாயன மாற்றங்களில் விளையும் சில பொருள்கள் செல்சுவர்கள் வழியாக இந்த லிம்ப் எனும் நிணநீரில் கலந்துவிடும். இதனால் நிணநீரில் உள்ள கரைப்பொருள் களின் செறிவு அதிகரித்து சவ்வூடு பரவல் சமநிலை கெடுக்கப் பட்டுவிடும். அதன் விளைவாக இரத்தத்திலிருந்து நீர் நிண நீருக்குச் சென்று சவ்வூடு பரவல் சமநிலையை மீண்டும் ஏற் படுத்தும். அதனால் நிணநீரின் பருமன் அதிகமாகிறது. ஆரோக்கியமான உடலில் நிணநீரின் பருமன் இருவிதங்களில் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. அதன் ஒரு பகுதி நிணநீர்க் குழாய் களின் வழியாக இரத்தத்தில் திரும்பக் கலந்துவிடுகிறது. நிண நீரிலுள்ள நீரின் ஒரு பகுதி இரத்தத்தினால் உட்கவர்ந்து கொள்ளப்படும். இவ்வாறு நிணநீரின் பருமன் பெருமளவில் அதிகரிப்பது தடுக்கப்படுகிறது.

சிலவகை நோயுற்ற நிலைகளில், இரத்தத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் குறைந்துவிடக்கூடும் அல்லது இரத்தத்தின் வெளிப்படுத்து அழுத்தம் அதிகரிக்கக் கூடும் அல்லது இரண்டுமே ஒன்றாக ஏற்படலாம். அப்போது இரத்தத்திலிருந்து நீர் பெருமளவில் வெளியேறி, அதே சமயத்தில் இரத்தத்தினால் திரும்ப உட்கவரப்படும் நீரின் அளவு குறையும். அப்போது நிணநீரின் பருமன் கணிசமாக அதிகரித்து, இந்த உபரி நிண நீர்த் திரவம் திசுக்களிடையில் தங்கும். இந்த நிலைமை நீர்க் கோர்த்தல் (edema) எனப்படுகிறது.

(2) சிறுநீரை வெளியேற்றுதல்

இரத்தத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைக் கட்டுப்படுத்து வதில் சிறுநீரகங்களின் செயல்பற்றி முன்னரே பார்த்தோம். இரத்தத்தின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் அதிகரித்தால் அதிக அளவில் உப்புகளையும், குறைந்தால் அதிக அளவு நீரையும் வெளியேற்றி சிறுநீரகங்கள் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைப் பராமரிக்கின்றன.

(3) உட்கவர்தல்

ஜீரணத்தின் போதும், மற்ற மாற்றங்களின் போதும், தண்ணீர் சவ்வூடு பரவல் மூலமாக ஒரு உடல் திரவத்திலிருந்து இன்னொரு உடல் திரவத்திற்கு மாறிக் கொண்டேயிருக்கிறது. ஆனால் சர்க்கரைகளும், உப்புகளும் விரவல் மூலமாகப் பரவு கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக இரத்தம் குளுகோசை உட்கவருதல் சவ்வூடு பரவலின் மூலமாயும், விரவல் மூலமாயும் நடக்கிறது குளுகோஸ் கரைசல் சம செயல்வலுவுள்ளதாயிருக்கும்போது

குளுகோஸ் சவ்வின் வழியாக விரவல் முறையில் இரத்தத்திற்குள் செல்கிறது. இதன் விளைவாக குளுகோஸ் கரைசலின் செறிவு குறைகிறது. எனவே சவ்வூடு பரவல் சமநிலையை திரும்ப ஏற்படுத்துவதற்காக குளுகோஸ் கரைசலிலிருந்து நீர் சவ்வூடு பரவல் முறையில் இரத்தத்திற்குச் செல்கிறது.

மருத்துவப் பயன்கள்

(1) *சிதைவுத் தன்மைச் சோதனை* (Fragility Test)

0·95% சோடியம் குளோரைடு கரைசல் செல்களுக்குள்ளிருக்கும் பொருள்களுக்குச் சமமான செயல் வலுவுள்ளது. எனவே அதைவிடக் குறைந்த செயல்வலுவுள்ள சோடியம் குளோரைடு கரைசலில் சிவப்பணுக்களை வைத்தால் இரத்த அணுச்சிதைவு ஏற்படவேண்டும். ஆனால் நல்ல நிலையிலுள்ள செல்களை 0·6% சோடியம் குளோரைடு கரைசலில் வைத்தால் சிதைவு ஏற்படவில்லையெனக் காணப்பட்டுள்ளது. ஆனால் செல்களின் பருமன் அதிகமாகிறது. ஆனால் செல் சவ்வு பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஹீமாகுளோபின் செல்களிலிருந்து வெளியேறுவதுமில்லை. ஆனால் கரைசலின் செறிவு 0·4% ஆகும்போது சிதைவு ஏற்படத் துவங்கி கரைசலின் செறிவு 0·34% ஆகும் போது முற்றுப் பெறுகிறது. இந்த நிகழ்ச்சி குறைந்த செயல்வலுவுள்ள திரவங்களின் அணுச் சிதைவு விளைவிற்கு செல் சவ்வின் எதிர்ப்பினால் ஏற்படுகிறது. செல்களுக்குள் நீர் சென்று செல் சவ்வு கிழியும் அளவிற்குச் கரைசலின் செயல்வலு குறைவாயிருந்தாலொழிய சிவப்பு அணுச் சிதைவு ஏற்படாது. குறைந்த செயல்வலுவுள்ள கரைசல்களின் சிவப்பு அணுச் சிதைவு விளைவைச் சவ்வு பெருமளவு எதிர்த்தால் அதன் சிதையும் தன்மை குறைவாயிருக்கும். ஆனால் சவ்வு எளிதாகக் கிழியக் கூடியதானால் அதன் எதிர்ப்பு குறைவாயும் சிதையும் தன்மை அதிகமாயும் இருக்கும்.

சிவப்பு அணுச் செல்களின் சவ்வின் சிதையும் தன்மையிலிருந்து சில குறிப்பிட்ட நோய்களைப் பற்றி நாம் தெரிந்து கொள்ளலாம். சிதையும் தன்மைச் சோதனையில், வெவ்வேறு செறிவுள்ள குறைந்த வலுவுள்ள சோடியம் குளோரைடு கரைசல்கள் வெவ்வேறு சோதனைக் குழாய்களில் வரிசையாக வைக்கப்பட்டிருக்கும். சோதிக்கப்பட வேண்டிய இரத்தத்தின் ஒரு துளியை ஒவ்வொரு குழாயிலும் சேர்க்க வேண்டும். குழாய்கள் இரண்டு மணி நேரம் கழித்துச் சோதித்துப் பார்க்கப்படும். 0·34%-யிலிருந்து 0·4% வரையிலுள்ள கரைசல்களில் மட்டும் இரத்த அணுச் சிதைவு காணப்பட்டால் சவ்வின் சிதை

யும் தன்மை நல்ல நிலையிலிருப்பதாகப் பொருள். ஆனால் 0·4%-க்கு மேற்பட்ட செறிவுள்ள கரைசலிலேயே இரத்த அணுச் சிதைவு முற்றுப் பெற்றிருந்தால் செல் மிகவும் அதிகமாகச் சிதையும் தன்மை பெற்றிருப்பதாகப் பொருள்படும். அதாவது அதன் வலுக் குறைவாயும், அது எளிதில் கிழியக் கூடியதாகவும் உள்ளது. சிவப்பு அணுச் சிதைவு மஞ்சள்காமாலை நோயின் (Haemolytic Jaundice) போது இம்மாதிரி ஏற்படுகிறது. இந்த நிலைமையில் 0·7%-லிருந்து 0·8% வரையில் கரைசலின் செறிவு இருக்கும்போதே சிவப்பு அணுச் சிதைவு முற்றுப் பெற்று விடுகிறது. ஆனால், அபாயமான இரத்த சோகையின் (Anaemia) போது செல் சவ்வின் சிதையும் தன்மை மிகவும் குறைவாயும், செல் சுவர் வலுமிக்கதாயும் இருக்கும். அப்போது சோடியம் குளோரைடு கரைசலின் செறிவு 0·34%ஐ விட மிகக் குறைவாயிருந்தால்தான் இரத்த அணுச் சிதைவு முற்றுப் பெறும்.

(2) மூளையின் பருமனைக் குறைக்கவோ அல்லது மூளைத் தண்டுவடத் திரவத்தின் (cerebro spinal fluid) சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைக் குறைக்கவோ வேண்டியிருந்தால் மக்னீசியம் சல்பேட் போன்ற பொருள்களின் உயர் செயல் வலுவுள்ள கரைசல்கள் உட்செலுத்தப்படுகின்றன. சவ்வூடு பரவலினால் மூளையிலிருந்து நீர் வெளியேறி மூளையின் பருமன் குறைக்கப்படுகிறது.

7. நிறைதாக்க விதியும் ரசாயனச் சமநிலையும்

(Law of Mass Action and Chemical Equilibrium)

எல்லா ரசாயன மாற்றங்களும் இல்லாவிடினும் பல ரசாயன மாற்றங்கள் உடனடியாகவும், முற்றிலுமாகச் செயல்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக சோடியம் குளோரைடு, வெள்ளி நைட்ரேட்டு இவைகளின் சமஅடர்வுள்ள நீர்த்த கரைசல்களைக் கலந்தால் உடனே வெள்ளிக் குளோரைடு வீழ்படிவாக மாறி அநேகமாகக் கரைசலிலுள்ள எல்லா வெள்ளியும், குளோரினும் நீக்கப்பட்டுவிடுகின்றன. பொட்டாசியம் குளோரேட்டைச் சூடாக்கினால் அது முழுமையாகப் பொட்டாசியம் குளோரைடாகவும், ஆக்ஸிஜனாகவும் மாறிவிடுகிறது.

$$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2 \uparrow$$

மேற்கண்ட மாற்றத்தை எதிர்த்திசையில் ஏற்படுத்த அதாவது பொட்டாசியம் குளோரைடையும் ஆக்ஸிஜனையும் இணைத்துப் பொட்டாசியம் குளோரேட்டை உண்டாக்குவதற்கு இதுவரை தெரிந்த முறைகளால் முடியவில்லை. இத்தகைய மாற்றங்கள் மீளாத வினைகள் (irreversible reactions) எனப்படும்.

ஹைட்ரனும் அயோடினும் இணைந்து ஹைட்ரஜன் அயோடைடு உருவாதல் வேறுவகையான மாற்றம். இது மெதுவாக நிகழ்கிறது; முற்றுப்பெறுவதும் இல்லை. அதாவது இம்மாற்றம் ஓரளவு நடந்தபின் வினைபடு பொருள்கள் கணிசமான அளவு மாற்றத்திற்குட்படாமலிருக்கும்போதே நின்றுவிடுவதைப்போல வெளிப்படையாகத் தோன்றுகிறது. சமபருமமுள்ள ஹைட்ரஜனையும் அயோடின் ஆவியையும் ஒரு மூடிய கலத்தில் வைத்து 450 C வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கினால் இரு மூலகங்களும் இணைந்து 80% ஹைட்ரஜன் அயோடைடும் 20% சமபருமமுள்ள ஹைட்ரஜனும் அயோடின் வாயுவும் உள்ள கலவையும் தோன்றுகின்றன. ஹைட்ரஜன் அயோடைடை

450°C-க்குச் சூடாக்கினால் இதே போன்ற வினைவு எதிர்த்திசையில் ஏற்படுகிறது. இந்த விகிதத்தில் ஹைட்ரஜன் அயோடைடு தோன்றியவுடன் 450°C-யில் எவ்வளவு நேரம் சூடாக்கினாலும் மீதமுள்ள கலவையின் கலப்பு விகிதம் மாறுவதில்லை என்பது இவ் வினைவுகளிலிருந்து தெரியவருகிறது. இதில் ஏற்படும் மாற்றங்களைப் பின்வருமாறு குறிக்கலாம்.

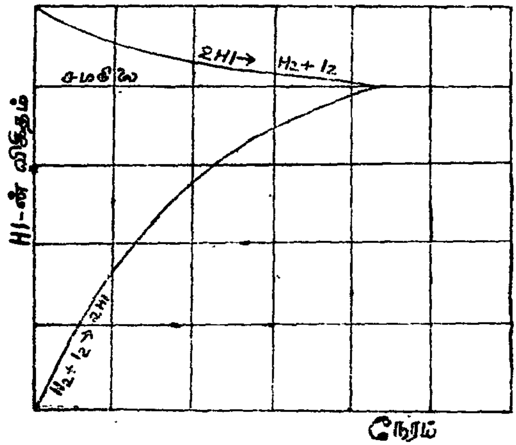
$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

ஒரே வெப்பநிலையில் இரு எதிர் எதிர் மாற்றங்கள் நிகழ்வதும் சாத்தியமே. ஒரே சூழ்நிலைகளில் இரு திசைகளிலும் நிகழக்கூடிய இத்தகைய மாற்றங்கள் மீள்வினைகள் (reversible reactions) எனப்படும். வலப்புறத்திலிருந்து இடப்புறம் நிகழும் மாற்றம் முன்னோக்கு மாற்றம் எனவும், எதிர்த்திசையில் நிகழும் மாற்றம் பின்னோக்கு மாற்றம் எனவும் சொல்லப்படும்.

$\rightleftharpoons$ எனும் குறி மீள்வினைகளைக் குறிப்பிடும்.

மீள்வினைகளில் விளையும் பொருள்களை அப்போதைக்கப் போது வெளியேற்றினாலன்றி, அவை முற்றுப்பெறுவதில்லை. மீள் வினையின்போது சற்றுநேரம் கழித்துக் கலவையின் கலப்பு விகிதம் மாறுவதில்லை எனில், வினை நிலைத்து நின்றுவிடுவதாகக் கொள்ளக்கூடாது. உண்மையில் அந்தச் சமயத்தில் முன்னோக்கு மாற்றமும் பின்னோக்கு மாற்றமும் சம அளவில் நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கிறது. மேலே தரப்பட்ட எடுத்துக்காட்டில் உண்மையில் நடப்பது என்னவெனில் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் உருவாகின்ற ஹைட்ரஜன் அயோடைடின் அளவும் சிதைகின்ற ஹைட்ரஜன் அயோடைடின் அளவும் சமமாக இருக்கிறது. எனவே. வினைகள் நின்றுவிடுவது போலத் தோன்றுகிறது. ஒரு வினை தன் போக்கில் இந் நிலையை அடைந்தால் அது சமநிலையை அடைந்ததாகச் சொல்வது வழக்கம். ஒவ்வொரு மாற்றமும் ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில் நடைபெறுவதால் முன்னோக்கு மாற்றத்தின் வேகமும் பின்னோக்கு மாற்றத்தின் வேகமும் சமநிலையில் ஒன்றுயிருக்கும். ஒவ்வொரு வினாடியிலும் மாற்றத்திற்குட்படுகின்ற பொருள்களின் கிராம் மூலக்கூறுகளின் அளவு மாற்றத்தின் வேகம் எனப்படும். ஒரு மாற்றத்தில் இரு திசைகளிலிருந்தும் அதே சமநிலையை அடையலாம் என்பது வரைபடத்தின் மூலம் காட்டப்பட்டுள்ளது. இரு கோடுகளும் சந்திக்கும் புள்ளி சமநிலையின்போது ஹைட்ரஜன் அயோடைடு உள்ள விகிதத்தைக் குறிக்கின்றது.

ரசாயனச் சமநிலைகளை இருவகைப்படுத்தலாம். அவை யாவன: சமச்சீருள்ள சமநிலை, சமச்சீரற்ற சமநிலை. சமச்சீருள்ள சமநிலையில் எல்லாப் பொருள்களும் ஒரே நிலைமையிலுள்ளவை. வாயுக்கள், தனித் திடப்பொருள்கள், கரைசல்கள்



படம் 66

ஆகியவை இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை. சமச்சீரற்ற சமநிலையில் பொருள்கள் பல நிலைமைகளிலுள்ளனவாக இருக்கும். திடப்பொருளும் வாயுவும், திரவமும் வாயுவும், திடப்பொருளும் உள்ள நிலைகள் இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை.

நிறைதாக்க விதி (Law of Mass Action)

இயக்கம் சேர்ந்த சமநிலை என்ற கருத்து ரசாயனச் சமநிலையிலுள்ள வினைபடு பொருள்கள், விளைவுப் பொருள்கள் இவற்றின் எடைகளுக்குள்ள தொடர்பைக் கணக்கிட ஒரு வழி வகுத்துக் கொடுக்கிறது. முதன் முதலில் அப்படி ஒரு தொடர்பைக் குல்ட்பர்கி, வாகே எனும் விஞ்ஞானிகள் கண்டு பிடித்தனர். நிறைதாக்க விதி எனப்படும் இவ் விதியின்படி ரசாயனச் செயலின் வேகமும் வினைபடு பொருள்களின் மோலார் செறிவுகளும் நேர்விகிதத்திலுள்ள அல்லது வினைபடு பொருள்களின் நிறைக்கிளர்வுகளின் (active mass) பெருக்குத் தொகையும் ரசாயன வினை வேகமும் நேர்விகிதத்தில் உள்ளன. நிறைக்கிளர்வு என்பது மோலார் செறிவைக் (ஒரு லிட்டர் பொருளில் உள்ள கிராம் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை) குறிக்கும்.

நிறைதாக்க விதியைக் கணித முறையில் பின்வருமாறு விவரிக்கலாம் :

A எனும் பொருளும் B எனும் பொருளும் இணைவதாகக் கொள்வோம். இந்த ரசாயன மாற்றத்தை $A + B \rightleftharpoons AB$ எனும் சமன்பாட்டினால் காட்டலாம். A, B இவற்றின் மோலார் செறிவுகளை $[A]$, $[B]$ எனும் குறிகளால் காட்டினால், இவ்விதியின்படி, வினை தொடங்கும் தருணத்தில் அதன் வேகம் $[A]$, $[B]$ இவ்விரண்டையும் பொறுத்திருக்கும். வினையின் தொடக்க வேகம் $v \propto [A]\,[B]$. அதாவது, $v = K\,[A]\,[B]$.

இங்கு K என்பது ஒரு மாறிலி. இதன் மதிப்பு A, B இவற்றின் தன்மையைப் பொறுத்திருக்கும். இம் மாறிலிக்கு முன்னோக்கு மாற்றத்தின் வேக மாறிலி (velocity of forward reaction) எனப் பெயர். வினை பிரிவதால் A, B ஆகியவற்றின் செறிவுகள் குறைந்துகொண்டே வருமாகையால் 't' வினாடிகள் கழித்து முன்னோக்கு வேகம் தொடக்க வேகத்திற்குச் சமமாயிருக்காது. x மோல்கள் A-யும் x மோல்கள் B-யும் சேர்ந்து $2x$ மோல்கள் AB-யை 't' வினாடிகளில் தருவதாக வைத்துக்கொண்டால், வினையின் முன்னோக்கு வேகம் 't' வினாடிகள் கழித்து $v_1 = K_1\,(A\text{-}x)\,(B\text{-}x)$ எனும் சமன்பாட்டில் கிடைக்கிறது. முன்னோக்கு வினை முற்றுப்பெறுது. ஏனெனில் வினையின் விளைபொருளான AB-யின் அளவு கூடிக்கொண்டே போகுமாதலால் அப்பொருள் மாற்றத்திற்குட்பட்டு மீண்டும் வினைபடு பொருள்களான A, B இவற்றைக் கொடுக்கும். வினையின் முன்னோக்கு வேகமும் பின்னோக்கு வேகமும் சமமாகும்போது ரசாயனச் சமநிலை ஏற்படுகின்றது. இந்த நிலையில் அதாவது இயக்கம் சேர்ந்த சமநிலையில் வினையின் முன்னோக்கு வேகம்

$$v_1 = K_1\,(A-x)\,(B-x)$$

வினையின் பின்னோக்கு வேகம் $v_2 = K_2 x$

இங்கு K_2 என்பது பின்னோக்கு மாற்றத்தின் வேகமாறிலி.

$$\text{ஆகவே } K_1\,(A-x)\,(B-x) = K_2 x$$

$$\text{அல்லது } \frac{K_1}{K_2} = \frac{x}{(A-x)\,(B-x)}$$

சாதாரணமாகச் சமநிலைச் செறிவுகளை C_A, C_B, C_{AB} எனக் குறிப்பிடுவதுண்டு. ஆகவே $\dfrac{K_1}{K_2} = \dfrac{C_{AB}}{C_A \cdot C_B} = K_C$

K_C என்பது இரு வேக மாறிலிகளின் தகவாகும். இதற்குச் நிலை மாறிலி எனப் பெயர். வினையைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் காட்டினால்,

$$A + B \rightleftharpoons C + D, \text{ சமநிலை மாறிலி } K_C = \frac{C_C\, C_D}{C_A\, C_B} \text{ ஆகும்.}$$

அடுத்து மற்றுமோர் எடுத்துக்காட்டை எடுத்துக்கொள்வோம். இதில் A-யின் இரண்டு மூலக்கூறுகள் B-யின் ஒரு மூலக்கூறைக் கொடுக்கின்றன.

$$2A \rightleftharpoons B$$

$$\text{சமநிலையில் } K_1 (A-x)(A-x) = K_2\, x$$

$$\text{அல்லது } \frac{C_B}{C_A^2} = K_c$$

K_C-யின் தலைகீழ் மதிப்பும் ஒரு மாறிலியாகும். ஆனால் வினைவிளை பொருள்களின் செறிவுகள் மேலேயும், வினைபடு பொருள்களின் செறிவுகள் கீழேயும் இருக்குமாறு எழுதுவது மரபு ஆகும். மாற்றச் சமன்பாட்டின் வலப் புறத்தில் உள்ள பொருள்கள் வினைவிளை பொருள்களாகவும் இடப் புறமுள்ளவை வினைபடு பொருள்களாகவும் கருதப்படும்.

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மூலக்கூறுகள் வினைபுரியும்போது அதன் செறிவின் படிக்குறியைப் பொருளில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையால் காட்டவேண்டும். இதுபோல, $mA + nB \rightleftharpoons pC + qD$ எனும் மாற்றங்களில் m, n, p, q ஆகியவை A, B, C, D எனும் பொருள்களில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையினால் சமநிலை மாறிலி $K = \frac{[C]^p\,[D]^p}{[A]^m\,[B]^n}$

இச் சமன்பாடு சமநிலை மாறிலியை மிகப் பொதுவான முறையில் வரையறுக்கிறது.

சமநிலை மாறிலி வெப்பநிலை மாறும்போது மாறுகிறது. ஆனால், அது பொருள்களின் துவக்கச் செறிவைப் பொறுத்தது அன்று. அது வினைவிளை பொருள்கள், வினைபடு பொருள்கள் ஆகியவற்றின் செறிவுகளுக்கிடையிலுள்ள தொடர்பினைக் காட்டுவதால், K-யின் மதிப்பிலிருந்து சமநிலையில் தொகுப்பின் கலப்பு விகிதத்தைக் கணக்கிடலாம்.

திடப் பொருள்கள் பங்குகொண்டு வினைபுரிகின்ற பல்படித் தான மாற்றங்களுக்கான சமநிலை மாறிலியில் அவற்றின் செறிவு கள் சேர்க்கப்படவில்லை.

வினைபடு பொருள்களின் மூலக்கூறு எண்ணிக்கையும் வினைபொருள்களின் மூலக்கூறு எண்ணிக்கையும் சமமானால் முதல் வகை (I type) வினைகளும், அவை வேறாக இருந்தால் இரண்டாம் வகை (II type) வினைகளும் கிடைக்கின்றன.

நிறைதாக்க விதியைச் சமச்சீருள்ள தொகுப்புகளுக்குப் பயன் படுத்துதல்

(1) முதல் வகை மாற்றங்கள்

இவ்வகையில் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையில் மாற்ற மிருக்காது. ஹைட்ரஜனும் அயோடினும், ஹைட்ரஜன் அயோடைடும் சமநிலையிலிருக்கும் மாற்றம் இதுபோன்ற ஒரு படித்தான மீள்வினையாகும். வினையைப் பின்வருமாறு குறிப் பிடலாம்.

H_2	+	I	$\rightleftharpoons$	$2HI$
(1 மூலக்கூறு அல்லது 1 பருமம்)		(1 மூலக்கூறு அல்லது 1 பருமம்)		(2 மூலக்கூறுகள் அல்லது 2 பருமங்கள்)

அல்லது $H_2 + I_2 \rightleftharpoons HI + HI$

நிறைதாக்க விதியின்படி சமநிலை மாறிலி

$$K = \frac{(HI)\ (HI)}{(H_2)\ (I_2)} = \frac{(HI)^2}{(H_2)\ (I_2)} \qquad (1)$$

ஹைட்ரஜனின் 'a' மோல்களும், அயோடின் வாயுவின் 'b' மோல்களும் ஒரு மூடிய கலத்தில் சூடாக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். கலத்தின் பருமம் v லிட்டர்கள். x மோல்கள் அயோடின் x மோல்கள் ஹைட்ரஜனினுடனும் இணைந்து சம நிலையிலுள்ள $2x$ மோல்கள் ஹைட்ரஜன் அயோடைடை உண்டாக்கட்டும். அப்போது சமநிலையில் மோலார் செறிவுகள்

$$(H_2) = \frac{a-x}{v} \text{ மோல்கள் / லிட்டர்}$$

$$(I_2) = \frac{b-x}{v} \text{ மோல்கள் / லிட்டர்}$$

$$(HI) = \frac{2x}{v} \text{ மோல்கள் / லிட்டர்}$$

இந்த மதிப்புகளை (1)ஆம் சமன்பாட்டில் பதிலீடு செய்தால்,

$$K = \frac{\left(\frac{2x}{v}\right)^2}{\left(\frac{a-x}{v}\right)\left(\frac{b-x}{v}\right)} \quad \frac{4x^2}{(a-x)(b-x)} \qquad (2)$$

பருமஅளவு v, (2)ஆம் சமன்பாட்டில் தென்படவில்லை. எனவே, இந்த வகையில் பருமத்திலேற்படும் மாற்றத்தால் சமநிலை பாதிக்கப்படவில்லை. அதாவது பருமனை மாற்றுவதாலும் வாயுக்களின் பகுதி அழுத்தங்களை மாற்றுவதாலும் சமநிலை மாறிலியின் மதிப்பில் மாற்ற மேற்படுவதில்லை. விளைபொருள்களின் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் வினைபடுபொருளின் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் சமமாயிருக்கின்ற எல்லா மாற்றங்களுக்கும் இது சிறப்பியல்பாகும். இந்த மாற்றங்களில் பருமம் மாருது. மேற்கண்ட எடுத்துக்காட்டில் ஒரு பருமம் ஹைட்ரஜன் ஒரு பருமம் அயோடினுடன் இணைந்து இரண்டு பருமம் ஹைட்ரஜன் அயோடைடை உண்டாக்குகிறது. அதாவது வினைபடு பொருள்களின் பருமமும் விளைபொருள்களின் பருமமும் சமம். எனவே, இத்தகைய தொகுப்புகளின் சமநிலை, அழுத்தம் பருமம் இவற்றைப் பொறுத்ததல்ல.

போடன்ஸ்டீன் எனும் விஞ்ஞானி இவ் வினையைச் சோதித்து 448°C-யில் சமநிலை ஏற்படுவதாகக் கண்டார். சாதாரண வெப்பநிலையில் இவ் வினையின் வேகம் அற்பமானதாகவும் 448° C-யில் மிக அதிகமாயும் உள்ளது. குறிப்பிட்ட அளவுகளில் H_2, I_2 ஆகியவற்றை வைத்து அடைத்த சிறு கண்ணுடிக்குழாய்களைக் கொதிக்கும் கந்தகத் தொட்டியிலிட்டு வெப்பநிலையை மாருமல் வைத்தார். பிறகு அவற்றை வெளியிலெடுத்து உடனே சாதாரண வெப்பநிலைக்குக் குளிரவிட்டார். அதாவது சமநிலையில் ரசாயனமாற்றம் உடனடியாக நின்று போகும். பிறகு இக் குழாய்களைப் பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு கரைசல்களில் அமுக்கி உடைத்து ரசாயன மாற்றத்தால் கிடைத்த ஹைட்ரஜன் குளோரைடு, செயல்படாத ஹைட்ரஜன், அயோடின் ஆகியவற்றின் அளவுகளைக் கண்டு பிடித்தார்.

அவர் இரண்டாவது சோதனைத் தொடரில் ஹைட்ரஜன் அயோடைடைக் குறிப்பிட்ட அளவுகளில் பல சிறு கண்ணுடிக் குழாய்களிலெடுத்து முன்போலவே நிலையான வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கினுர். முன்போலவே அவற்றைக் குளிரவிட்டுப்

பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு கரைசல்களில் அமுக்கி உடைத்துப் பரிசோதித்ததில் 22% ஹைட்ரஜன் அயோடைடு பிரிந்து (dissociation) உள்ளதைக் கணக்கிட்டார். இந்த அளவிலிருந்து அவர் சமநிலை மாறிலி 'K'-யின் மதிப்பைக் கண்டுபிடித்தார்.

$$K = \frac{(11)\ (11)}{(78)^2} = 0 \cdot 02 \text{ எனவரும்.}$$

அவர் இந்தச் சமநிலை மாறிலியின் மதிப்பைப் பயன்படுத்திப் பல அளவுகளில் ஹைட்ரஜன், அயோடின் இவைகளை எடுத்துக் கொண்டால், எவ்வளவு ஹைட்ரஜன் அயோடைடு ஒவ்வொரு தடவையிலும் கிடைக்கும் எனக் கணக்கிட்டார். கணக்கீட்டு முறை பின்வருமாறு:

a, b எனும் தொடக்க மோல் எண்கள் உள்ள ஹைட்ரஜனும் அயோடினும் கலக்கும்போது x மோல் ஹைட்ரஜனும் x மோல் அயோடினும் இணைந்து $2x$ மோல் ஹைட்ரஜன் அயோடைடு கிடைப்பதாகக் கொண்டால், v எனும் மொத்த வாயுப் பருமத்தில் சமநிலையில் உள்ள எல்லாப் பொருள்களின் மோலார் செறிவுகளும் பின்வருமாறு:

$$[H_2] = \frac{a-x}{v}\ ;\ [I_2] = \frac{b-x}{v}\ ;\ [HI] = \frac{2x}{v}$$

$$\therefore K = \frac{4x^2}{(a-x)\ (b-x)}$$

இச் சமன்பாட்டில் x-ன் மதிப்பு மட்டுமே தெரியாது. அதைச் சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம். இவ்வாறு சோதனை மூலம் கண்ட மதிப்புகளும், சமன்பாட்டில் கணக்கிட்ட மதிப்புகளும் கிட்டத்தட்ட சமமாகக் காணப்பட்டுள்ளது. எனவே நிறைதாக்கவிதி மெய்ப்பிக்கப்பட்டது.

இரண்டாவது வகை வினைகள்

வினைபடு பொருளின் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் வினைபொருள்களின் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையும் சமமாக இல்லாத இரண்டாவது வகை வினைகளுக்கு நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு, நைட்ரஜன் டையாக்சைடாகச் சிதைவது ஆகும். இதில் நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடின் ஒரு மூலக்கூறு சிதைந்து நைட்ரஜன் டையாக்சைடின் இரண்டு மூலக்கூறுகள் கிடைக்கின்றன.

நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு $\rightleftharpoons$ 2 நைட்ரஜன் டையாக்சைடு.

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2\ NO_2$$

(1 மூலக்கூறு அல்லது 1 பருமன்) (2 மூலக்கூறு அல்லது 2 பருமன்)

நிறைதாக்க விதியின்படி சமநிலையில்

$$K = \frac{[NO_2]\ [NO_2]}{[N_2O_4]} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \qquad (3)$$

நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடின் a மோல்கள் v லிட்டர் பருமமுள்ள ஒரு மூடிய கலத்தில் சூடாக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். x மோல்கள் நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு சிதைந்து $2x$ மோல்கள் நைட்ரஜன் டையாக்சைடு தோன்றட்டும். அப்பொழுது சமநிலையில்,

$$[N_2O_4] = \frac{a-x}{v}\ \text{மோல்கள்/லிட்டர்}$$

$$[NO_2] = \frac{2x}{v}\ \text{மோல்கள்/லிட்டர்}$$

மேற்கண்ட மதிப்புகளை (3)ஆம் சமன்பாட்டில் பதிலீடு செய்தால்,

$$K = \frac{(2x/v)^2}{(a-x)/v} = \frac{4x^2}{(a-x)v} \qquad (4)$$

(4)ஆம் சமன்பாட்டில் பருமம் v தென்படுகிறது. எனவே சமநிலையில் நைட்ரஜன் டையாக்சைடு, நைரட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு ஆகியவற்றின் செறிவு பருமத்தையும் ஆகவே அழுத்தத்தையும் பொறுத்திருக்கும். 'v' கீழே அமைந்திருப்பதால் தொகுப்பின் பருமம் குறைக்கப்பட்டால் 'x'ன் மதிப்பு தானாகவே குறைந்து K-யின் மதிப்பு மாறாமல் வைக்கப்படும் எனப் புலப்படுகிறது. x-குறைந்தால் நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடின் சிதைவு குறைவதாகப் பொருள்; அல்லது பருமனளவு அதிகரிக்கும் போது, அதாவது அழுத்தம் குறையும்போது சமநிலையானது சூழ்நிலைக்குத் தக்கபடி மாறி, அதிக அளவு சிதைவு ஏற்பட்டு விளைபொருள்கள் ஏற்படும்.

எனவே, பருமம் குறைந்து அழுத்தம் அதிகரித்தால் நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு சிதைந்து நைட்ரஜன் டையாக்சைடாகச் சிதைவது தடங்கலாகும். அல்லது பருமம் அதிகரித்து அழுத்தம் குறைந்தால் சிதைவு விரைவாகும். இது எல்லா இரண்டாம் வகை மாற்றங்களின் சிறப்பியல்பாகும். இம் முடிவுகளும் சோதனைகள் மூலம் மெய்ப்பிக்கப்பட்டுள்ளன.

தொகுப்பில் வினைபடு பொருளை அல்லது வினைபொருளைச் சேர்த்தல்

நிறமற்ற அமோனியம் தயோசயனேட் கரைசலையும் மஞ்சள் நிறமுள்ள பெர்ரிக்குளோரைடு கரைசலையும் கலந்தால் பெர்ரிக் தயோசயனேட்டும், அம்மோனியம் குளோரைடும் உருவாகின்றன.

$$3NH_4CNS + FeCl_3 \rightleftharpoons Fe(CNS)_3 + 3NH_4Cl$$

விளைந்த கலவை பெர்ரிக் தயோசயனேட் இருப்பதன் காரணமாக இரத்தச் சிவப்பு நிறத்தில் உள்ளது. இப்போது இக் கலவையில் வினைபடு பொருள்களான பெர்ரிக்குளோரைடையோ, அம்மோனியம் தயோசயனேட் கரைசலையோ சேர்த்தோமானால் சிவப்பு நிறம் அதிகமாகி முன்னோக்கு மாற்றம் ஏற்படுவதைக் குறிக்கிறது. அதற்குப் பதிலாகத் திடமான அம்மோனியம் குளோரைடைக் கலவையில் சேர்த்தால் நிறம் மங்கி வெளுத்துப் பின்னோக்கு மாற்றம் அதிக அளவில் ஏற்படுவதைக் குறிக்கிறது.

இந்தச் சோதனையிலிருந்து வினைபொருள்களின் செறிவை அதிகப்படுத்தினால் பின்னோக்கு மாற்றமும், வினைபடுபொருள்களின் செறிவை அதிகப்படுத்தினால் முன்னோக்கு மாற்றமும் அதிக அளவில் ஏற்படுகிறது என்பது தெரிகிறது. இது நிறைதாக்க விதிக்குச் சரியானதேயாகும். இந்தச் சோதனைகளின் போது தொகுப்பின் பருமன் மாறாமல் இருக்கவேண்டும் என்பதை நினைவில் கொள்ளவேண்டும்.

சமநிலையை அழுத்தமும் வெப்பநிலையும் பாதித்தல். லீசாட்லியர், ப்ரான் விதி

ஒரு தொகுப்பு சமநிலையிலிருக்கும் போது அழுத்தம் அதிகரித்தால், பருமம் குறைந்த தொகுப்பு ஏற்படுகிறது எனவும், அழுத்தம் குறைந்தால், பருமம் அதிகமான தொகுப்பு

ஏற்படுகிறது எனவும் முன்னர்க் கண்டோம். பருமம் மாருத தொகுப்பு அழுத்தத்திஞல் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

அதேபோல வினைபடுபொருள்களில் ஒன்றின் செறிவு அதிகமாஞல், முன்னேக்கு மாற்றம் விரைவுபடுகின்றது. விளைபொருள்களில் ஒன்றின் செறிவு அதிகமாஞல் பின்னேக்கு மாற்றம் விரைவுபடுகின்றது.

ஒரு வினையின் பரும மாற்றத்திற்கும் அழுத்த விளைவுக்குமிடையில் ஒரு தொடர்பு இருப்பதைப் போலவே ஒரு வினையின் போது ஏற்படுகின்ற வெப்ப மாற்றத்திற்கும் வெப்பநிலை மாற்றத்திற்குமிடையில் ஒரு தொடர்பு உள்ளது. வெப்பநிலை அதிகரித்தால் வெப்பம் உட்கவரப்படுகின்ற வெப்பங்கொள் வினைகள் (endothermic reactions) விரைவாக்கப்படுகின்றன. அதேபோல வெப்பநிலை குறையும் போது வெப்பம் வெளியாகின்ற வெப்பம் உமிழ் வினைகள் (exothermic reactions) விரைவாக்கப்படுகின்றன. இந்த விளைவுகள் லீசாட்லியர் விதியாகக் கூறப்படுகின்றன. அவ்விதியாவது:

'ஓர் இயக்கம் சேர்ந்த சமநிலையில் உள்ள தொகுப்பின் வெப்பநிலை அழுத்தம் செறிவு போன்ற காரணிகளில் மாற்றமேற்பட்டால், அம் மாற்றங்களிஞல் ஏற்படும் விளைவுகளை எதிர்த்து அழிக்கும் வகையில் சம நிலைமாறும்.'

சமநிலையின் வெளி நிபந்தனைகளின் விளைவுகளைப் பயில லீசாட்லியரின் விதியைப் பயன்படுத்துவோம். அதற்குப் பின்வரும் நன்கறிந்த மூன்று சமநிலை வினைகளுக்குப் பயன்படுத்துவோம்.

$$(1) \quad N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

இது அம்மோனியா வாயுவைத் தனிமங்களிலிருந்து உண்டாக்கும் வர்த்தக முறையாகும். இது ஒரு வெப்பம் உமிழ் வினை.

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2\,NH_3 + 22800 \text{ கலோரிகள்}$$

நான்கு மூலக்கூறுகள் சேர்ந்து இரண்டு மூலக்கூறுகளைக் கொடுப்பதால், முன்னேக்கு மாற்றத்தில் பருமம் குறைகிறது. அழுத்தத்தை அதிகரித்தால் முன்னேக்கு மாற்றம் விரைவுபடும்

என்பது இதிலிருந்து தெரிகிறது. அழுத்தத்தைக் கூட்டினால் பருமம் குறையுமாதலால் சமநிலை அமைப்பு பருமம் குறையும் திசையில் நகர்ந்து அழுத்த அதிகரிப்பினால் ஏற்படும் விளைவு களைச் சமாளிக்கிறது. ஆகவே, அழுத்தத்தை அதிகரித்தால் முன்னோக்கு மாற்றம் ஏற்பட உதவியாக இருக்கும். நடை முறையில் 200 வளிகள் அழுத்தம் செலுத்தப்படுகிறது.

இவ் வினையில் இரும்பை வினைவேக மாற்றியாகவும் அலுமினியம் ஆக்சைடு, பொட்டாசியம் ஆக்சைடு கலவையைத் தூண்டி (promoter) ஆகவும் பயன்படுத்துகிறார்கள்.

இது ஒரு வெப்பம் உமிழ் வினையாகும். ஆகவே, லீசாட்லியர் விதியின்படி வெப்பநிலையைக் குறைத்தால் அதிக அளவில் அமோனியா வாயுக் கிடைக்கும். வெப்பநிலை வெகு அதிக மாயிருந்தால் விளைச்சல் (yield) குறைவாயிருக்கும். சாதாரண வெப்பநிலைகளில் வினையின்வேகம் மிகக் குறைவு. ஆகவே, மிகவும் உகப்பான வெப்பநிலை (Optimum temperature) ஆன 450°C-யில் வினையை நிகழ்த்தினால் (ஹேபர் முறை) அதிக மான அளவு அமோனியா கிடைக்கிறது.

(2) சல்பர் டை ஆக்சைடும் ஆக்சிஜனும் சேர்ந்து சல்பர்-டிரையாக்சைடு உண்டாதல்.

இதுவும் ஒரு வெப்பம் உமிழ் வினையாகும். இதைக் கீழ்க் கண்ட சமன்பாட்டினால் குறிக்கலாம்.

$$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45,200 \text{ கலோரிகள்}$$

முன்னோக்கு வினையில் மூன்று மூலக்கூறுகள் இணைந்து இரண்டு மூலக்கூறுகள் தோன்றுவதால் அழுத்தம் அதிகமாகும் போது வினைப்பொருள் சதவீதம் கூடவேண்டும். வளி அழுத் தத்திலேயே வினை தடலங்கலின்றி நடைபெறுவதால், நடை முறையில் அழுத்தத்தைச் சிறிதளவு கூட்டுகிறார்கள். இதில் வெப்பம் உமிழப்படுவதால் வெப்பநிலையைக் கூட்டக்கூடாது. ஆகவே, மிக விரும்பத்தக்க வெப்பநிலையான 450°C-யில் வினை நிகழ்கிறது.

இவ் வினையில் பிளாட்டின உலோகம் வினைவேக மாற்றி யாகச் செயல்படுகிறது. இதன் உதவியால் ஏராளமாகக் கந்தக அமிலம் வர்த்தக முறையில் தயாரிக்கப்படுகிறது.

3. பேர்க்லண்டு, ஐடுமுறை

நைட்ரஜன் வாயுவும் ஆக்சிஜன் வாயுவும் கூடி இணைவதைப் பின்வருமாறு குறிக்கலாம்.

$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2\,NO - 43200 \text{ கலோரிகள்.}$$

சமன்பாட்டின் இருபுறங்களிலும் சம எண்ணிக்கையில் மூலக்கூறுகள் உள்ளதால், லீசாட்லியர் விதிப்படி அழுத்த மாற்றத்தினால் சமநிலை அமைப்பில் மாற்றம் ஏற்படுவதில்லை.

ஆனால், இது ஒரு வெப்பங்கொள் வினையாதலால் லீசாட்லியர் விதிப்படி வெப்பநிலையை உயர்த்தினால் முன்னோக்கு மாற்றம் ஏற்பட உதவியாக இருக்கின்றது. எனவே, பெருமளவு வினைபொருளான நைட்ரிக்ஆக்சைடைப் பெற நடைமுறையில் 3000°C வெப்பநிலை தரப்படுகிறது. இம் முறையில் நைட்ரிக் அமிலம் பெருமளவு தயாரிக்கப்படுகிறது.

பகுதி அழுத்தமும், நிறைக்கிளர்வும்

விளைந்த அமோனியா அளவிற்கும், தொகுப்பிலுள்ள மொத்த அழுத்தத்திற்குமிடையில் ஓர் அளவியல் உறவைக் கண்டுபிடிக்கலாம். தொகுப்பிலுள்ள மொத்த அழுத்தம் என்பது ஹைட்ரஜன், நைட்ரஜன், அம்மோனியா ஆகியவற்றின் பகுதி அழுத்தங்களின் கூட்டுத் தொகையாகும்.

மேலும், வாயுவின் நிறைக்கிளர்வு அதன் பகுதி அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். எனவே, சமநிலை மாறிலிக்கான சமன்பாட்டில் நிறைக்கிளர்வுகளுக்குப் பதிலாகப் பகுதி அழுத்தங்களைப் பதிலீடு செய்யலாம். அப்போது சமநிலை மாறிலி K_p எனக் குறிக்கப்படும்.

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ எனும் சமன்பாடு வினையைக் குறிக்கின்றது. (5)

செயல்தாக்க விதியைப் பயன்படுத்தினால்,

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]\,[H_2]^3} \text{ எனக் கிடைக்கின்றது.} \quad (6)$$

நைட்ரஜனின் பகுதி அழுத்தம் pN_2, ஹைட்ரஜனின் பகுதி அழுத்தம் pH_2, அம்மோனியாவின் பகுதி அழுத்தம் pNH_3

எனில் சமநிலையிலுள்ள கலவையின் மொத்த அழுத்தம் P என்போம். (6)ஆம் சமன்பாட்டில் பகுதி அழுத்தங்களைப் பதிலீடு செய்தால்,

$$Kp = \frac{(pNH_3)^2}{(pN_2)\ (pH_2)} \tag{7}$$

நைட்ரஜனின் துவக்கச் செறிவு 1 மோல் என வைத்துக் கொண்டால், ஹைட்ரஜனின் துவக்கச் செறிவு 3 மோல் ஆக இருக்கவேண்டும். நைட்ரஜன் மோலின் x பகுதி சமநிலையில் ஹைட்ரஜனுடன் இணைந்திருப்பதாகக் கொள்வோம். அப்போது சமநிலையில் ஒவ்வொரு ஹைட்ரஜன் மோலிலும் x பங்கு பயன்பட்டிருக்க வேண்டும். அப்போது அமோனியாவின் சமநிலைச் செறிவு $2x$ ஆக இருக்கும்.

எனவே சமநிலையில் செறிவுகள் பின்வருமாறு இருக்கும்:

நைட்ரஜன் = $1-x$ மோல்கள்

ஹைட்ரஜன் = $3\ (1-x)$ மோல்கள்

அம்மோனியா = $2x$ மோல்கள்

எனவே சமநிலையில் மொத்த மோல்கள்

$$= (1-x) + 3\ (1-x) + 2x$$
$$= 4-2x$$

அப்போது மொத்த அழுத்தத்திற்கும் ஒவ்வொரு வாயுவின் பகுதி அழுத்தத்திற்கும் உள்ள தகவு, வாயுவின் மோல்களின் எண்ணிக்கைக்கும் சமநிலையிலுள்ள மொத்த மோல்களின் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள தகவிற்குச் சமமாக இருக்கும்.

எனவே $\frac{pN_2}{P} = \frac{1-x}{(4-2x)}$ அல்லது $pN_2 = \frac{P\ (1-x)}{(4-2x)}$ (8)

$\frac{pH_2}{P} = \frac{3\ (1-x)}{(4-2x)}$ அல்லது $pH_2 = \frac{3P\ (1-x)}{(4-2x)}$ (9)

$\frac{pNH_3}{P} = \frac{2x}{(4-2x)}$ அல்லது $pNH_3 = \frac{2Px}{(4-2x)}$ (10)

இந்த மதிப்புகளை (7)ஆம் சமன்பாட்டில் பதிலீடு செய்தால்

$$Kp = \frac{\left(\frac{2Px}{4-2x}\right)^2}{\left(\frac{P(1-x)}{(4-2x)}\right) \times \left(\frac{3P(1-x)}{(4-2x)}\right)^3} \qquad (11)$$

இதைச் சுருக்கினால்,

$$Kp = \frac{4x^2\,(4-2x)^2}{27P^2\,(1-x)^4} \qquad (12)$$

ஒன்றோடு ஒப்பிடுகையில் x மிகச் சிறியதாக இருந்தால், x-ன் இருமடியினைத் தவிர மற்ற உயர்மடிகள் எல்லாம் அற்ப மதிப்புள்ளவையாகிவிடும். ஆகவே (12)ஆம் சமன்பாடு சுருக்கப்பட்டு,

$$Kp = \frac{64x^2}{27P^2}$$ என ஆகும்.

அல்லது $$Kp\,P^2 = \frac{64x^2}{27} \qquad (13)$$

Kp-யும் $\frac{64}{27}$-ம் மாறிலிகளாதலால்,

$P^2 \times$ ஒரு மாறிலி $= x^2$

அல்லது $P \times$ ஒரு மாறிலி $= x$

அல்லது $x \propto P$ (14)

எனவே அமோனியா விளைச்சல் தொகுப்பின்மேல் உள்ள மொத்த அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது.

இரத்தம் ஆக்ஸிஜனை உட்கவர்தல்

உடலில் பல்வேறு பாகங்களுக்கு ஆக்ஸிஜனைக் கொண்டு போகும் ஊர்தியாக இரத்திலுள்ள ஹீமோகுளோபின் ஆக்ஸிஜனை உட்கவர்ந்து உடல் வழியே இரத்தம் செல்லும் போது திசுக்களுக்கும் செல்களுக்கும் ஆக்ஸிஜனைக் கொடுக்கிறது.

முதல் அத்தியாயத்தில் குறிப்பிட்டபடி வெவ்வேறு அழுத்தங்களில் இரத்தத்தில் ஆக்ஸிஜனின் கரைதிறன் ஹென்றியின் விதிப்படி இல்லை. கரைப்பானும் வாயுவும் ரசாயன முறையில் இணையாத போதும், கரைசலில் உப்புகளும் மின்னாற் பகுபடாத

பொருள்களும் இல்லாத போதுதான் வாயுக்கள் ஹென்றியின் விதியைப் பின்பற்றுகின்றன. இரத்தம் பல பொருள்கள் கரைந்துள்ள ஒரு கரைசல். மேலும் ஹீமோகுளோபினும் ஆக்ஸிஜனும் ரசாயன முறையில் இணைகின்றன. இதனால் ஹென்றியின் விதி பின்பற்றப்படுவதில்லை. உண்மையில் ஆக்ஸிஜன் ஹீமோகுளோபினில் உள்ள இரும்புடன் இணைந்து மிகவும் நிலையற்ற ஆக்ஸிஹீமோகுளோபினாக மாறுகிறது. சுற்றியுள்ள ஊடகத்தின் அழுத்தம் குறைந்தால் ஆக்ஸிஜன் எளிதாக இணைப்பிலிருந்து விடுபட்டு விடுகிறது.

ஹீமோகுளோபினின் மூலக்கூறு எடையைக் கண்டுபிடித்த போது அது Hb_4 எனும் குறியீட்டினால் குறிக்கப்பட வேண்டும் எனத் தெரிகிறது. அதில் நான்கு இரும்பு அணுக்கள் உள்ளன. ஒவ்வொரு இரும்பு அணுவும் ஒரு ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுடன் இணைகின்றது. எனவே ஒரு ஹீமோகுளோபின் மூலக்கூறு நான்கு ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளுடன் இணைகிறதாக நம்பப்படுகிறது.

$$Hb_4 + 4O_2 \rightleftharpoons Hb_4O_8 \qquad 15$$

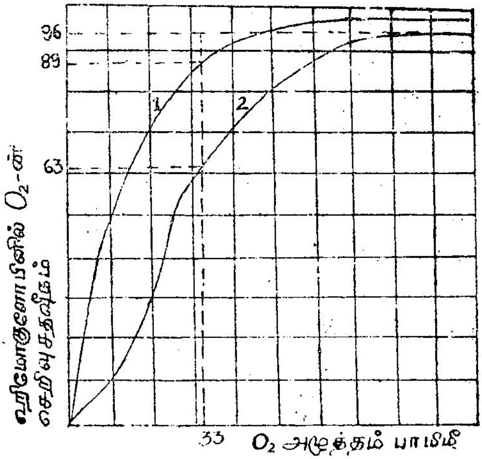
இந்த மாற்றம் ஒரு மீள் வினையாகும். ஆனால் ஒரு ஹீமோ-குளோபின் மூலக்கூறை Hb என்று மட்டுமே குறித்தால் ஒரு ஹீமோகுளோபின் மூலக்கூறு ஓர் ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுடன் இணையும்போது மேற்கண்ட மாற்றத்தை $Hb + O_2 \rightleftharpoons HbO_2$ எனக்குறிக்கலாம். இது ஒரு மீள்வினையாதலால்; இத்தொகுப்பில் நிறைதாக்க விதியைப்பயன்படுத்தினால்,

$$K = \frac{[HbO_2]}{[Hb]\,[O_2]} \qquad 16$$

$$\text{அல்லது } [O_2]\,K = \frac{[HbO_2]}{[Hb]} \qquad 17$$

ஆனால் ஆக்ஸிஜனின் செறிவு அதன் பகுதி அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது. எனவே K மாறிலியானதால் சமநிலையில் (17)ம் சமன்பாட்டின்படி வெறும் ஹீமோகுளோபினுக்கும் ஆக்ஸிஹீமோகுளோபினுக்கும் உள்ள தகவு ஆக்ஸிஜனின் பகுதியழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். (16)ம் சமன்பாடு குறிப்பிடுகின்ற எளியமாற்றத்தில் ஆக்ஸிஜனின் பகுதி அழுத்தத்திற்கும், ஹீமோகுளோபினில் ஆக்ஸிஜனின் செறிவுச் சதவீதத்திற்கும் (Percentage Saturation) இடையில் நிறைதாக்க

விதியின் அடிப்படையில் ஒரு வரைப்படம் வரைந்தால், செவ்வக ஹைப்பர் வளையவடிவில் ஒரு கோடு கிடைக்கிறது. (படத்தில் 1) காய்ச்சி வடித்த நீரில் ஹீமோகுளோபின் உள்ள



படம் 67

ஒரு தூய கரைசலிற்கான கோடும் நிறைதாக்க விதியின்படி பெறப்பட்ட கொள்கையிலான கோட்டை (1)ப் போன்ற வடிவுள்ள செவ்வக ஹைப்பர் வளையமாக உள்ளது.

இச்சோதனையை இரத்தம் அல்லது ஹீமோகுளோபினுடன் சில உப்புகள் சேர்ந்த கரைசலை வைத்துச் செய்தால் கிடைக்கும் கோடு (படத்தில் 2) காய்ச்சி வடித்த நீரில் ஹீமோகுளோபினுக்குக் கிடைத்த கோட்டிலிருந்து சுற்றப்பட்டிருக்கிறது. அது சற்றுக் கீழாக அமைந்து S வடிவில் உள்ளது. இந்த வேறுபாட்டின் அளவு கரைபொருளின் தன்மை, செறிவு, ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவு, வெப்பநிலை ஆகியவற்றைப் பொறுத்துள்ளது. $Hb_4+4O_2 \rightleftharpoons Hb_4O_8$ எனும் மீள்வினைக்காக சோதனை விவரங்களிலிருந்து பெறப்படும் கோட்டின் S வடிவம், நிறைதாக்கவிதியின் அடிப்படையில் கொள்கையிலாப் பெறப்பட்ட ஹீமோகுளோபினின் ஆக்ஸிஜன் பிரிகைக் கோட்டின் (Oxgen dissociation Curve) S வடிவைவிட எளிதாக புரிந்து கொள்ளக்கூடியதாக இருக்கிறது.

இந்த நடத்தையை விளக்குவதற்காக உடல் சூழ்நிலைகளில் ஹீமோகுளோபின் ஆக்ஸிஜனுடன் இணைவது நான்கு கட்டங்களில் நிகழ்வதாகக் கூறப்படுகிறது. நான்கு கட்டங்களும் ஒரே சமயத்தில் நிகழ்பவை அவையாவன :

$$Hb_4 + O_2 \rightleftarrows Hb_4O_2$$

$$Hb_4 + 2O_2 \rightleftarrows Hb_4\ O_4$$

$$Hb_4 + 3O_2 \rightrightarrows Hb_4O_6$$

$$Hb_4 + 4O_2 \rightleftarrows Hb_4O_8$$

ஆக்ஸிஜன் பிரிகைக் கோட்டின் தனித்தன்மையுள்ள S வடிவம் மேற்கண்ட விளைகளின் சேர்க்கையினுல் இருக்கக் கூடும்.

மனித இரத்தத்தின் ஆக்ஸிஜன் பிரிகைக் கோட்டின் முக்கியத்துவம்

மனித இரத்தத்தின் பிரிகைக் கோட்டின் சிறப்பியல்புகளும், இத்தக் கோடு கொள்கைவியல் கோட்டிற்குக் கீழே இருப்பதும் உடலியக்க முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவையாகும். நுரையீரலில் உள்ள ஆக்ஸிஜனின் பகுதி அழுத்தம் சுமார் 100 பாதரச மில்லி மீட்டர்களாகும். இந்தச் சூழ்நிலைகளில் (2)ம் கோட்டிலிருந்து காணக்கூடியபடி இரத்தத்திலுள்ள ஹீமோகுளோபின் ஏறக்குறைய 96% ஆக்ஸிஜனுல் நிறைந்து தெவிட்டிய நிலையிலிருக்கும். இரத்தம் நுண்தமனிகள், தந்துகிகள் மற்றும் இறுதியில் சிரைகள் வழியாகச் செல்லும் போது ஆக்ஸிஜனின் பகுதி அழுத்தம் சுமார் 33 பாதரச சென்டி மீட்டராகக் குறைந்துவிடும். அப்போது ஹீமோகுளோபின் 63% ஆக்ஸிஜன் நிறைந்த தெவிட்டிய நிலையிலிருக்கும். இதன் விளைவாக நுரையீரலிலிருந்து திசுக்களுக்குச் செல்லுகையில் இரத்தம்தான் உட்கவர்ந்த ஆக்ஸிஜனில் மூன்றில் ஒரு பங்கை (33%) விட்டுவிடமுடிகிறது. அதேபோல ஆக்ஸிஜன் குறைந்த இரத்தம் நுரையீரல்கள் வழியாகச் செல்லும் போது ஆக்ஸிஜனின் செறிவுச் சதவீதம் 63லிருந்து 96 ஆக அதிகரிக்கிறது. இவ்வாறு இச்சுழல் தொடர்கிறது. ஆனுல்

மொத்தத்தில் காய்ச்சி வடித்த நீரில் ஹீமோகுளோபின் உள்ள ஒரு கரைசலைப் போல இரத்தம் நடந்து கொள்ளுமானால் 1-ம் கோடுதான் கிடைக்கும் எனவே இரத்தம் சுமார் 7% ஆக்ஸிஜனையே பெறவோ இழக்கவோ முடியும். அப்போது ஹீமோகுளோபின் ஆக்ஸிஜனை எடுத்துச் செல்லும் திறம் குறைந்து விடும்.

8. மின்னாற் பகுப்பும் அயனிக் கொள்கையும்

மின்னோட்டக் கடத்திகளும், மின்பகு பொருள் கடத்திகளும்
(Electronic and Electrolytic Conductors)

பொதுவாக எல்லாப் பொருள்களையும் மின்சாரக் கடத்திகள், அரிதிற்கடத்திகள் என இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். உலோகங்கள், உருகிய உப்புகள், அமிலங்கள், காரங்கள் உப்புகள் ஆகியவற்றின் கரைசல்கள் முதலியவை மின்சாரத்தைக் கடத்தக் கூடியவை. மரம், ரப்பர், பேக்லைட் போன்ற பொருள்கள் அரிதிற்கடத்திகளாகும். ஒரு கடத்தியில் உயர்ந்த எதிரின மின்னழுத்தமுள்ள புள்ளியிலிருந்து தாழ்ந்த எதிரின மின்னழுத்த புள்ளிக்கு எலக்ட்ரான்கள் பாய்வதால் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. மின்னோட்டத்தின் திசை எலக்ட்ரான் பாய்ச்சலின் திசைக்கு எதிரானது. இந்த எலக்ட்ரான் பாய்ச்சல் எல்லாக் கடத்திகளிலும் சமமாக இருக்காது. அது கடத்திகளின் தன்மையைப் பொறுத்தது. இதன் அடிப்படையில் கடத்திகளை மின்னோட்டக் கடத்திகள், மின் பகுபொருள் கடத்திகள் என இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

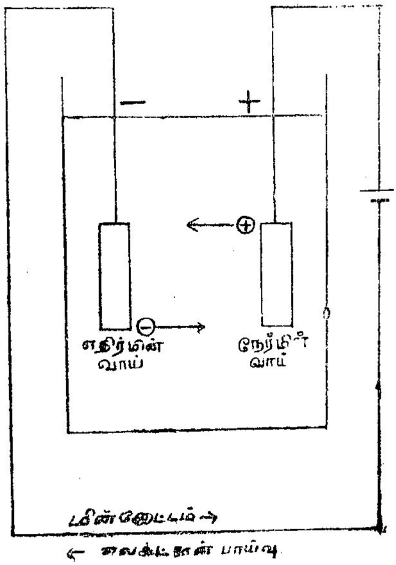
திடநிலை அல்லது உருகிய நிலையில் உள்ள உலோகங்களைப் போன்ற மின்னோட்டக்கடத்திகளில் செயல்படுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தினால் கடத்திகள் வழியே எலக்ட்ரான்கள் பாய்ந்து மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. ஒரு உலோகத்தில் சுயேட்சையாகத் திரியக் கூடிய தனி எலக்ட்ரான்கள் நிறைய உள்ளன. ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு தோற்றுவிக்கப்பட்டால் இந்த எலக்ட்ரான்கள் உலோகத்தின் அணுக்களின் நடுவில் பாய்ந்தோடுகின்றன. ஆனால் அணுக்களை அவை ஒன்றும் செய்வதில்லை. உலோகத்தைச் சூடாக்குவது தவிர வேறெந்த வித மாற்றத்தையும் அவை உலோகக் கடத்தியில் ஏற்படுத்துவதில்லை. இதற்கு மாறாக மின்பகு பொருள் கரைசல்களிலும்

உருகிய உப்புகளிலும் நேர் அயனிகள் எதிர் அயனிகள் வழியாக எலக்ட்ரான்கள் இடம் பெயருகின்றன. இவ்வகை இடப் பெயர்ச்சியால் ஒரு மின் முனையிலிருந்து மற்ருென்றுக்கு மின்னேட்டம் பாய்ந்து செல்வதோடன்றி கடத்தியின் ஒரு பக்கத்திலிருந்து மறுபக்கத்திற்குப் பொருளும் கடந்து செல்கின்றது. மற்றும் இவ்வகை இடப்பெயர்ச்சியில் மின் முனைகளில் ரசாயன மாற்றங்களும் ஏற்படுகின்றன. இந்த ரசாயன மாற்றங்களும் மின் முனைப் பொருள் கடத்தி ஆகியவற்றின் தன்மையைப் பொறுத்துள்ளன.

மின்பகு பொருள் கடத்தலின் செயல்முறை :

கரைசலாகவோ, உருகிய நிலையிலோ உள்ள ஒரு மின்பகு பொருளின் வழியாக மின்னேட்டத்தைச் செலுத்துவதற்கு கார்பன் அல்லது வேறுதக்க உலோகத்தாலான இரு குச்சிகளைத் திரவத்தில் வைக்கவேண்டும். இவை மின்வாய்கள் (Electrodes) எனப்படும். மின்வாய்களை ஒரு மின்கலத்தின் முனைகளோடு இணைக்க வேண்டும். மின்கலத்தின் நேர்முனையோடு இணைக்கப் பட்டுள்ள மின்வாயின் வழியாக மின்னேட்டம் கரைசலுக்குள் நுழையும். அந்த மின்வாய் நேர் மின்வாய் (Anode) எனப் படும். மின்கலத்தின் எதிர்முனையோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்வாய் வழியாக மின்னேட்டம் கரைசலிலிருந்து வெளியேறும். அந்த மின்வாய் எதிர்மின்வாய் (cathode) எனப்படும். மின்னற் பகுப்பில் தோன்றும் பொருள்கள் மின்வாய்களில் தான் வெளிப் படுகின்றன. நேர்மின் உள்ள அயனிகள் (Positive ions) கரைசலின் வழியாக எதிர் மின்வாயை நோக்கி நகருகின்றன. எனவே அவை எதிர் மின்வாய் அயனிகள் (Cations) எனப்படும். இவை நேர் மின்னூட்டமுள்ளவை. எதிர்மின் உள்ள அயனிகள் கரைசலின் வழியாக நேர் மின்வாயை நோக்கி நகருகின்றன. எனவே அவை நேர் மின்வாய் அயனிகள் (Anions) எனப்படும். இவை எதிர் மின்னூட்டமுள்ளவை. மின்னேட்டம் செலுத்தப் படுவதற்கு முன்பே இந்த அயனிகள் தோன்றி விடுகின்றன. மின்னியக்கு விசையினுல் அவை ஏற்ற மின்வாய்களை நோக்கிச் செலுத்தப்படுகின்றன. அதே சமயத்தில் மின்னியக்கு விசை வெளியிலுள்ள சுற்றின் வழியாக நேர் மின்வாயிலிருந்து எதிர் மின்வாயை நோக்கி எலக்ட்ரான்களைச் செலுத்துகின்றது. மின்கலத்திற்குள் நேர் மின்வாய் அயனிகள் நேர் மின்வாய்க்கு எலக்ட்ரான்களைக் கொடுக்கின்றது. மின்னேட்டம், எலட்ரான் கள் இவற்றின் பாய்ச்சலைப் படம் காட்டுகிறது.

அயனிகளுக்குப் பெயரிடுகையில் அவற்றின் எந்த இயல்பு குறிப்பிடப்படுகிறது என்பதை மனதில் கொள்ளப்படுகிறது. நேர்மின் உள்ள அயனிகள் (Positive ions) எனும்போது, ‘நேர் அயனிகள்’ எனவும், அவை எதிர் மின்வாயில் சேர்கின்றன



படம் 68

என்பதைக் குறிக்கும்போது எதிர் மின்வாய் அயனிகள் (Cations) எனவும் குறிப்பிடப்படுகின்றன. எனவே நேர் அயனிகளும் எதிர் மின்வாய் அயனிகளும் ஒன்றே. இதே போல எதிர் அயனிகளும் நேர் மின்வாய் அயனிகளும் ஒன்றே.

மின்பகு பொருள் கடத்தியின் வழியாக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்துவதால் உண்டாகும் ரசாயன மாற்றம் மற்றும் இடப் பெயர்ச்சி இவைகளுக்கு மின்னாற்பகுப்பு (electrolysis) எனப் பெயர். மேற்கூறிய விவரங்களிலிருந்து மின்பகுப்பு முறைக்கான இரு காரணங்களை அறியலாம். அவை யாவன: (1) எலக்ட்ரான்கள் கரைசலில் நுழைவதும் மின்வெளியேறுவதும் மின்வாய்களில் ஏற்படும் ரசாயன மாற்றங்களினால் நடைபெறுகின்றன. (2) அயனிகளின் இடப்பெயர்ச்சியினால் எலக்ட்ரான்கள் கரைசலின் வழியாகச் செல்கின்றன. எத்தனை எலக்ட்ரான்

கள் கரைசலில் நுழைகின்றனவோ, அத்தனை எலக்ட்ரான்கள் மாத்திரமே வெளியேறுகின்றன.

(1) மேலே கூறிய விவரங்களை விளக்குவதற்காக ஒரு எடுத்துக்காட்டைப் பார்ப்போம். சோடியம் குளோரைடு கரைசலில் மின்வாய்களாக இரு பிளாட்டினக் கம்பிகளை வைத்து, இருவாய்களையும் செப்புக் கம்பிகளால் மின்கலத்தோடு இணைக்கப்படும். மின்கலத்திலிருந்து எலக்ட்ரான் கரைசலுக்குள் எதிர் மின்வாய் வழியாகச் செல்லும். நேர் மின்வாய் வழியாக எலக்ட்ரான்கள் கரைசலைவிட்டு வெளியேறி மீண்டும் மின்கலத்திற்குள் செல்கின்றன. கரைசலில் சோடிய, குளோரின் அயனிகளோடு நீர் சிறிய அளவில் பிரிகையாகித் தோன்றிய ஹைட்ரஜன் அயனிகளும், ஹைட்ராக்சில் (OH) அயனிகளும் உள்ளன. மின்சுற்றை இணைத்தால் மின்னோட்டம் கரைசலின் வழியாகச் செல்லும்போது, நேர் மின்வாயிலிருந்து குளோரின் வாயுவும், எதிர் மின்வாயிலிருந்து ஹைட்ரஜன் வாயுவும் வெளிப்படுகின்றன. எதிர் மின்வாயைச் சுற்றி சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு கரைசல் தென்படுகிறது. இம்மாற்றங்களுக்குரிய காரணம் வருமாறு :

எதிர் மின்வாயின் வழியாக எலக்ட்ரான்கள் ஹைட்ரஜன் அயனிகளுடன் கலந்து ஹைட்ரஜன் அணுக்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. மின்வாயில் படிந்துள்ள ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் இரண்டிரண்டாகக் கூடி மூலக்கூறுகளாக வெளியேறும் இம்மாற்றங்களைப் பின்வருமாறு காட்டலாம்.

$$2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow 2H$$

$$2H \rightarrow H_2 \text{ (வாயு) } \uparrow$$

மீண்டும் எலக்ட்ரான்கள் கரைசலிலிருந்து நேர் மின்வாய் வழியாகக் குளோரின் அயனிகளின் மின்னிறக்கம் (discharge) காரணமாக வெளியேறும்போது குளோரின் அயனி ஒரு எலக்ட்ரானை மின்வாயில் இழந்து குளோரின் அணுவாக மாறுகிறது. எலக்ட்ரான்கள் நேர் மின்வாயிலிருந்து கம்பி வழியாக மின்கலத்தில் புகுந்துவிடும். குளோரின் அணுக்கள் கூடி மூலக்கூறுகளாகி வாயுவாக வெளியேறுகிறது. இம்மாற்றங்களைப் பின்வருமாறு காட்டலாம்.

$$2Cl^{-} \rightarrow 2Cl + 2e^{-} \text{ (எலக்ட்ரான்கள்)}$$

$$2Cl \rightarrow Cl_2 \text{ வாயு.}$$

ஆகையால் இரண்டு ஹைட்ரஜன் அயனிகள் இரண்டு எலக்ட்ரான்களை எதிர் மின்வாயிலிருந்து பெற்று வாயுவாகின்றன. இரண்டு எலக்ட்ரான்களை மின்சுற்றின் எதிரினப் பக்கத்திலிருந்து நேரினப்பக்கத்திற்கு மாற்றியதே இதன் விளைவு ஆகும். மின்சுற்று பூர்த்தியான நிலையில் நேர் மின்வாய் அயனிகள் நேர்மின்வாய் நோக்கியும் எதிர்மின்வாய் அயனிகள் எதிர்மின்வாய் நோக்கியும் நகருகின்றன. இத்துகள்கள் மின்னூட்டப்பட்டவையாதலால், இவற்றின் இடப்பெயர்ச்சியே மின்னூட்டமாகக் கொள்ளப்படுகிறது. முடிவாக அயனிகள் நகருவதால் எலக்ட்ரான்கள் கரைசல் வழியாக மின்னோட்டத்தின் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் செல்லும். ஒவ்வொரு வகை அயனியும் மின்னூட்டமுள்ளதாதலால், தன் பங்கிற்குக் கரைசல் வழியாக மின்னோட்டம் செல்ல உதவுகிறது.

எதிர் மின்வாயின் ஹைட்ரஜன் அயனிகள் மின்னிறக்கம் செய்யப்பட்டதால் தனித்தியங்காததால் சோடிய அயனிகள் எதிர் மின்வாயை நோக்கிச் சென்று மின்நடுநிலையை (Electrical Neutrality) உண்டாக்குவதால் எதிர் மின்வாயைச் சுற்றி சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு உண்டாகிறது.

மின்பகு பொருள் கடத்தியின் வழியாக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தினால் உண்டாகும் ரசாயன மாற்றம் மற்றும் இடமாற்றம் இவையே மின்னூற்பகுப்பு எனப்படுகின்றன.

2. நீரில் காப்பர் சல்பேட் உள்ள கரைசலை பிளாட்டின மின்வாய்களைக் கொண்டு மின்பகுத்தல் :

இதில் எதிர் மின்வாயின்மேல் செப்புபடிந்து நேர்மின்வாயில் ஆக்சிஜன் வெளிவருகிறது. நேர்மின்வாயின் அருகில் கந்தக அமிலம் தென்படுகிறது. இம்மாற்றங்களைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம்.

கரைசலில் Cu^{++} அயனிகளும் SO_4^{--} அயனிகளும் உள்ளன. தண்ணீர் H^+ அயனிகளாயும் OH^- அயனிகளாயும் பிரிகிறது. மின்வாய்களில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் பின்வருமாறு.

எதிர்மின்வாயில் $Cu^{++} + 2e^- \rightarrow Cu$

நேர்மின்வாயில் $SO_4 \longrightarrow SO_4 + 2e^-$

$$2SO_4 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4 + O_2\uparrow.$$

3. நீரில் காப்பர் சல்பேட் உள்ள கரைசலை செப்பு எதிர் மின்வாய்களைக் கொண்டு மின்பகுத்தல் :

இதில் எதிர் மின்வாயில் செப்பு படிவதாகவும் அந்த சமயத்தில் நேர் மின்வாய் கரைவதாகவும் காணப்பட்டுள்ளது. கரைசலில் உள்ள அயனிகள் இரண்டாவது எடுத்துக்காட்டில் காணப்பட்டது போலவே இருக்கும். மின்வாய்களில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் பின்வருமாறு :

எதிர்மின்வாயில் $Cu^{++} + 2e^- \rightarrow Cu$

நேர்மின்வாயில் $SO_4^{--} \longrightarrow SO_4 + 2e^-$

$$SO_4 + Cu \rightarrow CuSO_4$$

இந்த வகையில் நேர் மின்வாயில் SO_4^{--} அயனிகள் எலக்ட்ரான்களை விடும்போது, செப்பு நேர்மின்வாயைத் தாக்கிக் காப்பர் சல்பேட்டாக உருவாகிக் கரைசலுக்குள் செல்கின்றன. இவ்வாறு நேர் மின்வாயில் செப்பு கரைந்து எதிர் மின்வாயில் படிகிறது.

பாரடேயின் மின் பகுப்பு விதிகள்

1832-ம் ஆண்டில் மைக்கேல் பாரடே இருவிதிகளை வெளியிட்டார். அவையாவன :

முதல் விதி : மின்வாயில் நடக்கும் வினையில் சம்பந்தப் படுகின்ற பொருளின் நிறையும் கரைசலின் வழியாகச் செல்கின்ற மின்சாரத்தின் அளவும் நேர்விகிதச் சமமாக இருக்கும்.

ஒரு கரைசலின் வழியாக 't' வினாடிகளுக்கு 'C' ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தினால் மின்சாரத்தின் $= ct$ கூலாம்கள். முதல்விதியின்படி ஒரு மின்வாயில் படிகின்ற அல்லது விடுவிக்கப்படுகின்ற பொருளின் நிறை W, ct க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இந்த விதி மின்பகுப்புக் கடத்தலுக்கு சரியாகப் பொருந்துகிறதாகக் காணப்பட்டுள்ளது. இவ்விதியைப்பயன்படுத்தி ஒரு கிராம் சமான எடை வெள்ளியைப் படியவைக்க எவ்வளவு மின்சாரம் தேவைப்படும் எனக்கணக்கிடலாம். ஒரு கூலாம் மின்சாரம் $0 \cdot 001118$ கிராம் வெள்ளியைப் படியவைப்பதாலும் படிகின்ற பொருளின் நிறையும் பாயும் மின்சாரத்தின் அளவும் நேர்விகிதத்திலிருப்பதாலும் ஒரு கிராம் அணு எடை வெள்ளியான $107 \cdot 87$ கிராமைப் படியவைக்க $107 \cdot 88/0 \cdot 001118 = 96,494$ கூலாம் மின்சாரம் தேவைப்படும்.

இரண்டாவது விதி: வெவ்வேறு கரைசல்களில் ஒரே அளவு மின்சாரம் செலுத்தப்பட்டால் விடுவிக்கப்பட்ட பொருள்களின் நிறையும் அப்பொருள்களின் சமான எடை எண்களும் நேர் விகிதச்சமமாக இருக்கும்.

96494 கூலாம் மின்சாரம் ஒரு கிராம் சமான எடை வெள்ளியைப் படிய வைத்தால் எல்லாப் பொருள்களின் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு எடை அளவையும் அதே மின்சாரத்தால் விடுவிக்கலாம். இந்த அளவு 'பாரடே' என அழைக்கப்படும்.

ஒரு எலக்ட்ரானின் மின் (Charge) 1.602×10^{-19} கூலாம் எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே ஒரு பாரடேயில்

$$\frac{96,494}{1.602 \times 15^{-19}} = 6 \cdot 023 \times 10^{23}$$ எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன.

இதுவே 'அவகட்ரோவின் எண்ணாகும்'.

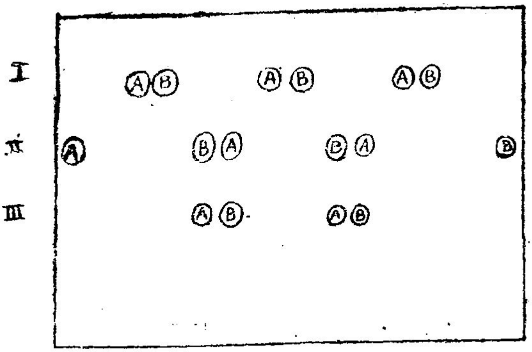
அயனிக் கோட்பாடு (Ionic Theory)

மின் பகுப்பின் போது ஏற்படுகின்ற ரசாயன மின்வாய்களைச் சுற்றிலும் மட்டுமே தென்படுகின்றன. கரைசலுக்கு நடுவில் சிதைவு ஏற்படுவதாகத் தெரிவதில்லை. மின்பகுப்பைப் பற்றிய எந்தக் கோட்பாடும் இந்த உண்மைகளையும் பாரடேயின் விதிகளோடு விளக்கியாக வேண்டும்.

1805-ம் ஆண்டு *T.*வான் கிராட்டஸ் என்பார் மின்பகு பொருள்களின் பிரிகை கரைசலினுள் ஏற்படாமல் மின்வாய்களில் மட்டும் ஏற்படுவதற்கான காரணத்தை விளக்க முயன்றார். அவர் வெளியிட்ட கொள்கை சங்கிலிக் கொள்கை எனப்படும். மின்னோட்டம் பாய்ந்து செல்வதும் ரசாயன மாற்றங்கள் ஏற்படுவதும் தொடர்ச்சியாகக் கரைசலிலுள்ள துகள்கள் முதலில் சிதைந்து பின்னர் திரும்பக் கூடுவதால் ஏற்படுகின்றன என்பது அவரது வாதமாகும்.

படத்தில் மூலக்கூறுகள் *A,B* எனக் காட்டப்பட்டுள்ளன. கரைசலில் மின்வாய்களை வைத்தவுடன் முதல் வரிசையில் காட்டியபடி மூலக்கூறுகள் வரிசைப்படுத்தப்படுகின்றன என கிராட்டஸ் நம்பினார். இரண்டாவது வரிசையில் மின்வாய்களின் ஈர்ப்பு ஆற்றல் '*A*' பகுதி ஒரு மின்வாயில் இழுக்கப்பட்டு '*B*' பகுதி தனித்துவிடப் படுகிறது. இது அடுத்துள்ள மூலக்கூறின் '*A*' பகுதியுடன் கூடி மற்றொரு *B*யைப் பிரித்து விட இச் செயல் தொடர்ச்சியாக நடந்து மற்றொரு மின்வாயினருகில்

'*B*' பகுதி தனித்து விடப்பட்டு மின்வாயில் மின்னிறக்கமாகி வெளிப்படுகிறது. இக்கொள்கையின்படி மின்பகுப்பில் சிதையும் மூலக்கூறின் இரு பகுதிகளும் ஒரே மூலக்கூறிலிருந்து



படம் 69

வெளிப்படாமல் வெவ்வேறு மூலக்கூறுகளிலிருந்து வருவது தெரிகிறது. மூன்றாவது வரிசையில் காட்டியபடி *B* பகுதி வெளியேறியவுடன் மூலக்கூறுகள் முன்பிருந்த நிலைக்கு எதிர்மாறாக இருப்பதால் மீண்டும் சிதைவு ஏற்படுவதற்கு மின்வாய்களின் ஈர்ப்பு ஆற்றலினால் சுழன்று திரும்ப வேண்டியிருக்கிறது.

இக்கொள்கை ஓமின் விதிக்கு முரண்பாடானது. மின்னாற்றல் முழுவதும் கரைசலின் மின்தடையை எதிர்ப்பதற்கு பயன்படுகிறதேயொழிய மூலக்கூறுகளைச் சிதைப்பதற்கும் அவற்றை சுழற்றித் திருப்புவதற்கும் பயன்படுவதில்லை. ஆகவே இக்கொள்கை கைவிடப்பட்டது.

கிளாசியஸின் கொள்கை

கரைசலில் மின்பகுப்புப் பொருள்கள் அயனிகளாக இருப்பதாகவும் இவ்வயனிகளுக்கும் பிரிகை புரியாத மூலக்கூறுகளுக்கும் ஒரு சமநிலை இருப்பதாகவும் கிளாசியஸ் கூறினார். எந்த நேரத்திலும் அயனிகள் கரைசலில் சொற்பமான எண்ணிக்கையிலிருப்பதாக அவர் நம்பினார். அயனிகள் மின்னூட்டமுள்ளவையாதலால் அவை மாற்று மின்வாய்களுக்கு இழுக்கப்பட்டு அங்கு மின்னிறக்கமாகி, மின்பகுப்பின் விளை பொருள்களாக வெளிப்படுகின்றன என்ற முடிவு செய்தார். அர்ரீனியஸ் என்பார் இக்கொள்கையைச் சிறிது மாற்றியமைத்து விரிவு படுத்தினார்.

அவரது கொள்கையின் அடிப்படைக்கற்பிதங்கள் பின்வருமாறு :

(1) அமிலம், காரம் அல்லது உப்பு போன்ற ஒரு மின்பகு பொருளை நீரில் கரைத்தால் அதில் கணிசமான பகுதி தானாகவே அயனிகள் எனப்படும் நேர் மின்னூட்டமுள்ள பொருள்களாகவும், எதிர் மின்னூட்டமுள்ள பொருள்களாகவும் பிரிந்து விடுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, நீரில் ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலக்கரைசல் H^+ அயனிகளாகவும் cl^- அயனிகளாகவும் பிரிகிறது. நேர் அயனிகளின் மொத்த மின் அளவும் எதிர் அயனிகளின் மொத்த மின் அளவும் சமமாக இருக்கும். ஆகவே கரைசலில் மின்னூட்டப்பட்ட பொருள்கள் இருப்பினும், மொத்தத்தில் அது மின் நடு நிலையிலிருக்கும்.

(2) அயனிகள் கரைசலில் தனியாக, தமக்கே உரிய சிறப்பியல்புகளோடு உள்ளன. அணுக்களின் பண்புகளும் அவற்றிலிருந்து உண்டாகும் அயனிகளின் பண்புகளும் முற்றிலும் வேறானவை. அணுக்கள் எலக்ட்ரான்களை இழப்பதாலோ, பெறுவதாலோ அயனிகள் தோன்றுகின்றன என நாம் இப்போது அறிவோம். ஆகவேதான் அயனிகள், அவற்றின் அணுக்களிலிருந்து வேறுபட்ட இயல்புள்ளவையாக இருக்கின்றன. ஒரு உப்பு அயனிப் பிரிகையாகும் போது உலோகம் நேர்அயனியாவும், அலோகம் எதிர் அயனியாகவும் ஆகும். எல்லா அமிலங்களிலிருந்தும் ஹைட்ரஜன் நேர் அயனிகளும், எல்லாக் காரங்களிலிருந்தும் ஹைட்ராக்சில் எதிரயனிகளும் உண்டாகின்றன. அமிலங்கள் ஹைட்ரஜனைப் போன்ற பண்புள்ளவையாயும், காரங்கள் ஹைட்ராக்சிலைப் போன்ற பண்புள்ளவையாயும் உள்ளன.

(3) மின்பகுப்புப் பிரிகை ஒரு மீள்வினை. அயனிகளுக்கும் பிரிகையாகாத மூலக்கூறுகளுக்குமிடையில் ஒரு சமநிலை ஏற்படுகிறது. இந்தச் சமநிலையை வழக்கப்படி குறிக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக ஹைட்ரஜன் குளோரைடுக்கு

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

(4) கரைசலின் வழியாக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்துகையில் அயனிகள் மாற்றுக்குறியுள்ள மின்வாய்களை நோக்கிச் செல்கின்றன. அவை மின்னோட்டத்தைத் தூக்கிச் செல்கின்றன. இவ்வாறு மின்னோட்டத்தைக் கடத்தக்கூடியதிறன் மின்பகு

பொருள் முழுவதையும் பொறுத்திராது, கரைசலில் உள்ள அயனிகளின் எண்ணிக்கையை மட்டுமே பொறுத்திருக்கிறது.

(5) கொடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையிலும் செறிவிலும் பிரிகை யடைந்த மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கைக்கும் மொத்த மூலக் கூறுகளின் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள தகவு பிரிகை வீதம் (Degree of Dissociation) எனப்படும் எடுத்துக்காட்டாக, கரைந்த மின்பகு பொருளில் பாதி அளவு பிரிகை அடைந்து விட்டால், பிரிகை வீதம் 0·5 அல்லது 50% ஆகும்.

(6) மின்பகு பொருளின் கரைசலை நீர்த்ததாகச் செய் தால், பிரிகை வீதம் அதிகமாகிறது. வரம்பிலி நீர்த்தல் என்று சொல்லப்படுகின்ற நிலையில் பிரிகை முழுமையாக ஏற்பட்டுப் பிரிகை வீதம் 100% ஆக இருக்கும்

அர்ரீனியசின் மின்பகு பிரிகைக் கொள்கை

எல்லா மின்பகு பொருள்களும் கரைசலில் இருக்கும் போது தாமாகவே ஓரளவு அயனிகளாக மாறுகின்றன என்பது இக் கொள்கையின் அடிப்படை. தனி அணுவாகவோ அல்லது சில அணுக்களுள்ள கூட்டமாகவோ உள்ள அயனிகளே இணைதிறன் எண்ணுக்குச் சமமான மின்சாரத்தை உள்ளடக்கிக் கொண்டிருக்கின்றன. எந்த அணுக்களிலிருந்து அயனிகள் உண்டாயினவோ அவ்வணுக்களின் பண்புகளும் அயனிகளின் பண்புகளும் முற்றிலும் வேறுபட்டுள்ளன. மின்பகு பொருளின் சிதைவு இரு புறமும் நிகழ்வதாக அதாவது ரசாயனச் சமநிலை யுள்ள தாகக்கருதப்படுகிறது. இச்சமநிலை ஏற்படுவது வெப்ப நிலை, கரைசலின் அடர்வு மின்பகுபொருளின் தன்மை இவற்றைப் பொறுத்துள்ளது. இக்கொள்கையைக் கொண்டு அர்ரீனியஸ் கரைசலின் நீர்த்தலைப் பொறுத்து மின்கடத்து திறன் மாறுவதை விளக்கினர். எளிதில் மின்பகு பொருள் கரைசலில் எல்லா அடர்வு நிலைகளிலும் பெருபாலான அளவு அயனிகளா மாறியிருப்பதையும், மேலும் நீரைச் சேர்த்தால் மின்பகு பொருள் முற்றிலும் அயனிப் பிரிகை அடைவதால் மின் கடத்து திறன் பெருமளவை எட்டி நிலையாக்கி விடுகிறது எனவும் விளக்கினர். மற்றும் எளிதில் மின்பகாப்பொருள் (Weak Electrolyte) கரைசலில் சாதாரண அடர்வு நிலைகளில் மிகக்குறைவான அளவில் பிரிகை ஏற்படுவதாகவும், நீரைச் சேர்க்கச் சேர்க்க பிரிகை அளவு கூடுவதாகவும் வரம்பு கடந்த (infinite) நீர்த்த நிலையில் முற்றிலும் அயனிகளாக மாறிவிடுவ தாகவும் அவர் கூறினர். கரைசலில் உள்ள அயனிகள்

மாற்று மின் முனைகளை நோக்கி மின்புலத்தின் விசையால் இழுக்கப்பட்டு நகருகின்றன. மின்வாயில் அயனி மின்னறக்க மாகி உலோகம் படியும் அல்லது வாயு வெளியாகும் அல்லது வேறு ஏதாவது ரசாயன மாற்றம் நிகழும். ஓமின் விதியை விளக்குவதற்காக மின்பகுபொருளை நீரில் கரைத்தவுடன் அயனிகள் உண்டாகி விடுகின்றனவாகையால் மூலக்கூறுகளை அயனியாக்குவதற்கு மின்னாற்றல் தேவையில்லை என அவர் விளக்கம் தந்தார்.

ஊடு பரவலழுத்தம், ஆவியத்தக் குறைவு, கொதிநிலை ஏற்றம், உறைநிலை இறக்கம் போன்ற கரைசலின் பண்புகள் பகு பொருள் கரைசல்களில் கணக்கிட்டுக்கொண்ட அளவுகளைவிட அதிகமாக இருப்பதை அர்ரீனியஸ் கொள்கை விளக்குகிறது. கரைசலில் மின்பகு பொருள்களில் ஒரு பகுதி அயனிகளாக இருப்பதால் மொத்தத் துகள்களின் தொகை மூலக்கூறுகளின் தொகையை விட எப்போதுமே அதிகமாயிருக்கும்.

மேற் கண்ட நான்குமே கரைசலிலுள்ள துகள்களின் தன்மைகளை விட்டுத் தொகையை மட்டுமே பொறுத்தவை யாகையால், முடிவு விபரீதமாகவும் மிகவும் அளவு கடந்து அதிகமாகவும் தெரிகிறது.

நீர்த்த கரைசலிலுள்ள மின்பகு பொருள்களின் பண்புகள் எல்லா அயனிகளின் பண்புகளின் கூட்டுத் தொகையாகும் என அர்ரீனியஸ் முடிவு செய்தார். எளிதில் மின்பகு அமிலங்கள், காரங்கள் முதலியவைகளின் நடுநிலையாக்க வெப்பம் = 13700 கலோரிகள்/சமான எடை.

அர்ரீனியஸ் கொள்கையின்படி உப்புக்கரைசல்களில் அநேகமாக முழுவதும் அயனிகளாக இருப்பதால் அந்த நடுநிலை வினைகளிலெல்லாம் ஹைட்ரஜன் அயனியும், ஹைட்ராக்சில் அயனியும் கூடி நீர்மூலக்கூறைக் கொடுப்பது மட்டுமே நடக் கிறது. எடுத்துக்காட்டாக,

$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$$

அதாவது, $Na^+ + OH^- + H^+ Cl^- \rightarrow Na^+ + Cl^- H_2O$

அல்லது, $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

ஆகவே இவ்வகை நடுநிலையாக்கும் (Neutralising) வினை களிலெல்லாம் $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ எனும் ஒரே மாற்றம் நடப்ப

தால், இம்மாற்றத்தைச் சார்ந்த வெப்பம் மட்டுமே கிடைக்கிறது.

ஒரு கரைசலில் மின்பகு பொருளின் பிரிகைவீதம் ($\propto$) என்பது மொத்தத்தில் எந்த பின்னம் அயனிகளாகப் பிரிகிறது என்பதைக் குறிப்பதாகும். எல்லா மின்பகு பொருள்களும் வரம்பு கடந்த நீர்த்த நிலைகளில் முழுமையும் பிரிகையடைந்து விடுவதால் ஒரு குறிப்பிட்ட நீர்த்த நிலையில் பிரிகைவீதம், அந்த நிலையில் சமான எடையளவு மின்கடத்து திறனுக்கும் (Equivalent Conductivity) வரம்பு கிடந்த நீர்த்த நிலையில் சமான எடையளவு மின்கடத்து திறனுக்கும் உள்ள தகவாகும். அதாவது $\propto = \frac{\lambda}{\lambda_\infty}$.

அதே நேரத்தில் வான்ட்ஹாப் என்பார் கரைசல்களின் தொகைசார் பண்புகளை ஆராயும்போது மின்பகு பொருள் கரைசல்களில் இப்பண்புகளின் அளவு விபரீதமாக இருப்பதைக் கண்டார். சோதனைகளில் கண்ட தொகைசார் பண்புகளின் அளவுகளையும், அறிமுறையில் கண்ட தொகைசார் பண்புகளையும் இணைத்து i எனும் ஒரு குறியை வான்ட்ஹாப் பயன்படுத்தினார்.

$$i = \frac{\text{சோதனை ஊடு பரவலழுத்தம்}}{\text{அறிமுறை ஊடு பரவலழுத்தம்}}$$

$$= \frac{\text{சோதனை உறைநிலை இறக்கம்}}{\text{அறிமுறை உறைநிலை இறக்கம்}}$$

போன்ற உறவுகளிலிருந்து i மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

அர்ரீனியஸ் $\propto = \frac{i-1}{n-1}$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி $\propto$-வின் மதிப்பைப் பல அடர்வுகளில் தொகைசார் பண்புகளின் மதிப்பைக் கொண்டு கணக்கிட்டார். கரைசல்களின் கிராம் சமான எடையளவு மின்கடத்து திறனை அளந்தும் $\propto$-வின் மதிப்பைக் கணக்கிட்டு இரு மதிப்புகளும் சமமாயிருப்பதைக் காட்டித் தன் கொள்கையின் உண்மையை நிலைநாட்டினார்.

அயனிக்கொள்கையும், பாரடே விதிகளும் :

அயனிக் கொள்கை பாரடே விதிகளை விளக்குகிறது. மின்பகுப்பின்போது மின்னோட்டம் மின்பகு பொருளின் அயனி

களால் மட்டுமே தூக்கிச் செல்லப்படுகிறது. எனவே ஒரு மின்வாயை நோக்கிச் செல்கின்ற அயனி வகையின் எடை மின்னோட்டவலு, நேரம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகைக்கு அதாவது மின்சாரத்தின் அளவிற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கிறது. இது பாரடேயின் முதல் விதியாகும்.

ஒரு அயனியிலுள்ள மின்களின் எண்ணிக்கை அதன் இணை திறனுக்குச் சமம். e என்பது அலகு மின ஆனால், ஒரு இணை திறன் உள்ள அயனியில் 'e' மின்னும் இணைதிறன் 2 உள்ள அயனியில் $2e$ மின்களும் அதேபோல இணைதிறன் 'Z' உள்ள அயனியில் Ze மின்களும் இருக்கும். மின் நேரினமாகவோ எதிரினமாகவோ இருக்கலாம். ஒரு திசையில் நேர்மின் செல்வது எதிர்த்திசையில் எதிர்மின் செல்வதற்கு ஒப்பாகும். ஒரு மூலகத்தின் ஒரு கிராம் அணு எடையின் அவகட்ரோ எண் (N) ணுக்குச் சமமான எண்ணிக்கையில் அயனிகள் உள்ளன. Z இணைதிறன் உள்ள மூலகத்திற்கு; ஒரு அயனியில் Ze மின்கள் உள்ளதால், ஒரு கிராம் அணு எடையில் NZe மின்கள் இருக்க வேண்டும்.

$$\frac{\text{கிராம் அணு எடை}}{Z} = \text{கிராம் சமான எடை.}$$

எனவே ஒரு கிராம் சமான எடையிலுள்ள மின் $= \dfrac{NZe}{Z} = Ne$

$Ne = F$ (பாரடே)

ஒரு பாரடே மின்சாரம் வெவ்வேறு மின்பகு கரைசல்கள் வழியாகச் செலுத்தப்படும்போது அது அவற்றின் சமான எடைகளுக்குச் சமான எடையுள்ள அயனிகளை தூக்கிச் சென்று மின்வாய்களில் சேர்க்கிறது. எனவே ஒரே அளவான மின்சாரம் பொருள்களின் சமான எடைக்கு நேர்விகிதத்தில் எடையுள்ள அயனிகளை விடுவிக்கிறது. இது பாரடேயின் இரண்டாவது விதியாகும்.

அயனிக் கொள்கைக்குச் சாதகமான சான்றுகள் :

(1) மேலே காணப்பட்டது போல அயனிக் கொள்கை பாரடே விதிகளை விளக்குகிறது.

(2) உப்புக் கரைசல்களின் வினைகள், ஒவ்வொரு உப்பும் இரு உறுப்புகள் கொண்டது எனக்காட்டுகின்றன—ஒன்று அமிலத் தன்மையும், மற்றது காரத் தன்மையும் உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டாக, எல்லா குளோரைடு கரைசல்களும், வெள்ளி நைட்ரேட்டுடன் சேர்ந்தால், வெண்மையான வீழ் படிவைத் தருகின்றன ; கரையக் கூடிய எல்லா குரோமேட்டு களும், அதில் மஞ்சள் கரைசலைத் தருகின்றன. கரைந்த மின் பகுபொருளின் பண்புகள், அதன் அயனிகளின் பண்புகளே யாகும்.

(3) மின் இணைதிறன் சேர்மங்கள் உருவாகின்ற முறையே அவற்றின் அயனிப் பண்புகளுக்குச் சான்றாகும். மேலும், சோடியம் குளோரைடு போன்ற உப்புகளில் அயனிகள் இருப்பது (அயனிப்படிகங்கள்) எக்ஸ் கதிர்களின் உதவியால் உறுதி செல்யப்பட்டுள்ளது. சோடியம் குளோரைடு படிகத்தில் சோடிய (Na^+) அயனிகளும், குளோரின் (Cl^-) அயனிகளும், நிலை மின் விசைகளால் பிணைத்து வைக்கப்பட்டுள்ளன. மற்ற மின் இணைதிறன் சேர்மங்களின் விஷயமும் இப்படிபட்டதே. எனவே ஒரு உப்பு நீரில் கரையும்போது படிகத்தில் முன்ன தாகவே உள்ள அயனிகள் விடுவிக்கப்பட்டு இயங்கவும், மின்னோட்டத்தைக் கடத்தவும், கூடியவையாகின்றன எனக் கருதுவது தவறாகாது.

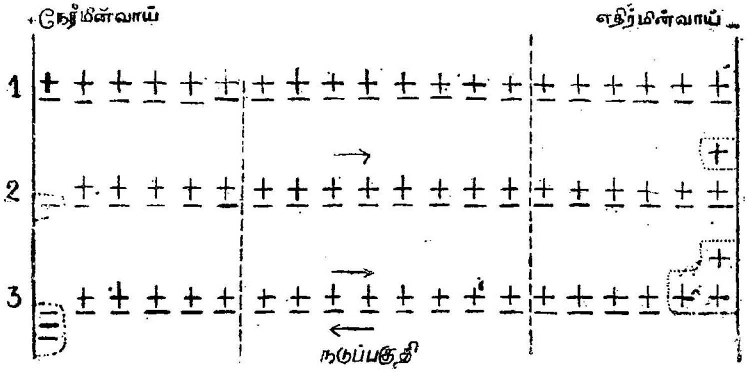
(4) மின்பகு பொருள் கரைசலுகளுக்கிடையிலான வினை கள் உடனடியாக நிகழ்பவை. மின் பகாப் பொருள் கரைசல் களுக்கிடையிலான வினைகள் மெதுவாக நிகழும். இது மின்பகு பொருள்கள் கரைசல்களில் அயனிகள் இருப்பதைக் காட்டுகிறது.

(5) மின்பகு பொருளின் கரைசலுக்கு வாயுச் சமன் பாட்டை பயன்படுத்துகையில் வான்ட்ஹாப் 'i' எனும் அளவைச் சேர்க்க வேண்டியிருந்ததும், 'i' மதிப்பிலிருந்து அவர் கணக்கிட்ட பிரிகைவீத மதிப்புகள், அர்ரீனியஸ் வேறு முறைகளில் கணக்கிட்ட பிரிகைவீத மதிப்புகளுக்குச் சமமாக இருந்ததும் அயனிக் கொள்கைக்கு வலுவூட்டும் முக்கியமான சான்றுகளாகும்.

அயனிகள் இடப்பெயர்ச்சி

ஒரு மின்பகு பொருள் கரைசலில் மின்னழுத்தத்தைச் செலுத்தினால், எலக்ட்ரான்களின் ஈர்ப்பு காரணமாக அயனிகள் கரைசல் வழியாக நகருகின்றன என முன்னர் கண்டோம். இதுவே அயனிகளின் இடப்பெயர்ச்சி எனப்படும். நேர் மின்வாய் அயனிகள் நேர் மின்வாயை நோக்கியும், எதிர் மின்வாய் அயனிகள் எதிர் மின்வாயை நோக்கியும் செல்

கின்றன. இத்தகைய இடப்பெயர்ச்சியினால் மின்வாய்களைச் சுற்றியுள்ள பகுதிகளில் கரைசலின் செறிவு மாற்றமடைகிறது. மின்பகு பொருளின் செறிவில் ஏற்படும் இந்த மாற்றம், நேர் மின்வாய் அயனிகள், எதிர்மின்வாய் அயனிகள் ஆகியவற்றின் இடப்பெயர்ச்சி வேகங்களில் உள்ள வேறுபாட்டினால் ஏற்படு கிறது. இதைப் படம் விளக்கும்.



படம் 70

படத்திலே ஒரு ஈரயனி மின்பகுப் பொருளின் எதிர் மின்வாய் அயனிகளும், நேர் மின்வாய் அயனிகளும் முறையே (+), (−) குறிகளால் காட்டப்பட்டுள்ளன. கரைசல் மின் நடு நிலையில் இருக்க வேண்டுமாதலால், ஈரனியின் பகுப்பொருளுக்கு எதிர் மின்வாய் அயனிகளும், நேர் மின்வாய் அயனிகளும் சம எண்ணிக்கையில் இருக்க வேண்டும். மின்பகு கலத்தை (Electrolytic cell) மூன்று பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொள்வோம். மின்பகுப்பு துவங்குவதற்கு முன் நேர் மின்வாய்ப் பகுதியில் ஆறு அயனி ஜோடிகளும், எதிர் மின்வாய்ப் பகுதியில் ஆறு அயனி ஜோடிகளும் இருப்பதாகக் கொள்வோம். நடுப்பகுதியில் எட்டு அயனி ஜோடிகள் இருக்கட்டும். துவக்கத்தில் உள்ள நிலை படத்தில் முதல் வரிசையால் காட்டப்படுகிறது.

மின்பகுப்புத் துவங்கியவுடன் நேர் மின்வாய் அயனிகள் நிலையாக இருப்பதாகவும், ஒரே ஒரு எதிர் மின்வாய் அயனி ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் எதிர் மின்வாயை நோக்கி நகருவதாக வும் கொண்டால், எதிர் மின்வாய்ப் பகுதியில் 7 எதிர் மின்வாய் அயனிகள் இருக்கும். அங்குள்ள தனியான எதிர் மின்வாய் அயனி எதிர் மின்வாயிலிருந்து ஒரு எலக்ட்ரானைப் பெற்று அங்கு

மின்னிறக்கமாகும். அதே போல நேர் மின்வாயில் தனியாக உள்ள நேர் மின்வாய் அயனி ஒரு எலக்ட்ரானை இழந்து அங்கு மின்னிறக்கமாகும். இந்த நிகழ்ச்சியைப் படத்தில் இரண்டாவது வரிசை குறிக்கிறது. ஆகவே ஒரே ஒரு எதிர் மின்வாய் அயனி இடம் பெயர்ந்திருப்பினும் கூட மின் வாய்களில் ஒரு எதிர் மின்வாய் அயனியும், ஒரு நேர் மின்வாய் அயனியும் மின்னிறக்கமாகின்றன என்பது தெளிவாகிறது.

நேர் மின்வாய் அயனியின் இடப்பெயர்ச்சி வேகம் எதிர் மின்வாய் அயனியுடையதைப் போல இரு மடங்கு எனக் கொள்வோம். அப்போது ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் ஒரு எதிர் மின்வாய் அயனி எதிர் மின்வாயை நோக்கிச் செல்லும்போது இரு நேர் மின்வாய் அயனிகள் நேர் மின்வாயை நோக்கிச் செல்லும். அதன் விளைவாக எதிர் மின்வாய்ப் பகுதியில் மூன்று தனிமையான எதிர் மின்வாய் அயனிகளும், நேர் மின்வாய்ப் பகுதியில் மூன்று தனித்த நேர் மின்வாய் அயனிகளும் இருக்கும். முன்போலவே அவை மின்வாய்களில் மின்னிறக்கமாகும். இதனால் எதிர் மின்வாய்ப் பகுதியில் நான்கு அயனி ஜோடிகளும், நேர் மின்வாயில் ஐந்து அயனி ஜோடிகளும் இருக்கும். படத்தில் மூன்ருவது வரியைக் கவனிக்கவும். அயனி வகைகளின் வேகங்கள் மாறுபட்டிருந்தாலும் மின்வாய்களில் சம எண்ணிக்கையிலேயே நேர் மின்வாய் அயனிகளும், எதிர் மின்வாய் அயனிகளும் மின்னிறக்கமாகின்றன என்பதைக் கவனிக்க வேண்டும். அயனி வகைகளின் வேகங்கள் எப்படியிருந்தாலும், இதே போலத்தான் மின்னிறக்கமேற்படும். எனவே மின்வாய்களில் விடுவிக்கப்படும் இருவிதமான அயனிகளின் எண்ணிக்கைகளும் எப்போதும் சமமாயும், அயனிகளின் வேகத்தைப் பொறுத்திராததாயும் இருக்கும்.

ஆனுல் நேர், எதிர் அயனிகளின் வேகங்கள் மாறுபட்டிருப்பதால், எதிர் மின்வாயின் அருகில் செறிவு ஆறிலிருந்து நான்காகவும் நேர் மின்வாயின் அருகில் செறிவு ஆறிலிருந்து ஐந்தாகவும் குறைகிறது என்பது வெளிப்படை. படத்தில் இரண்டாவது வரியைக் கவனிக்கவும். மேலே கண்ட எடுத்துக் காட்டில், நேர் மின்வாய் அயனிகளின் இடப்பெயர்ச்சி வேகம், எதிர் மின்வாய் அயனிகளின் இடப்பெயர்ச்சி வேகத்தைப்போல இருமடங்கு எனக் கொள்ளப்பட்டது. இதன் விளைவாக, எதிர் மின்வாயைச் சுற்றி ஏற்படும் செறிவுக் குறைவு நேர் மின்வாயைச் சுற்றி ஏற்படுவதைப் போல இருமடங்காக இருக்கிறது. நேர் மின்வாய் அயனிகள் எதிர் மின்வாயை விட்டு

விலகிச் செல்வதாலும் எதிர் மின்வாய் அயனிகள் நேர் மின்வாயை விட்டு விலகிச் செல்வதாலும், எதிர் மின்வாயைச் சுற்றி ஏற்படும் செறிவுக் குறைவு நேர்மின்வாய் அயனியின் வேகத்திற்கு நேர் விகிதத்திலும், நேர் மின்வாயைச் சுற்றி ஏற்படும் செறிவுக் குறைவு எதிர்மின்வாய் அயனியின் வேகத்திற்கு நேர் விகிதத்திலும் இருக்கும். அதாவது ஒரு மின்வாயின் அருகில் ஏற்படும் செறிவுக் குறைவு அந்த மின்வாயை விட்டு விலகிச் செல்லும் அயனியின் வேகத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

எதிர் மின்வாய் அயனியின் வேகம் u^+ எனவும், நேர் மின்வாய் அயனியின் வேகம் u^- எனவும், நடுப்பகுதியிலுள்ள கரைசலின் செறிவு மாறவில்லை எனவும் கொண்டால்,

$$\frac{\text{நேர் மின்வாய் அயனியின் வேகம்}}{\text{எதிர் மின்வாய் அயனியின் வேகம்}} = \frac{u^-}{u^+}$$

$$= \frac{\text{எதிர் மின்வாயைச் சுற்றி ஏற்படும் மின்பகு பொருள் இழப்பு}}{\text{நேர் மின்வாயைச் சுற்றி ஏற்படும் மின்பகு பொருள் இழப்பு}}$$

இவ்வாறு மின்வாய்களைச் சுற்றி ஏற்படும் மின்பகு பொருள்களின் செறிவுக் குறைவுகளிலிருந்து அயனிகளின் ஒப்பு வேகங்களைக் (Relative ionic velocities) கண்டுபிடிக்க முடியும்.

மேலே கண்ட எடுத்துக்காட்டில் இரு அயனி வகைகளும் மின்வாய்களில் விடுவிக்கப்படுகின்றனவேயொழிய மின்வாய்களைத் தாக்குவதில்லை எனவும் ஒவ்வொரு மின்வாயைச் சுற்றிலும் செறிவுக் குறைவு ஏற்படுகிறது எனவும் கொள்ளப்பட்டது. ஆனால் சில சமயங்களில் ஒரு வகை அயனி மின்வாயைத் தாக்கக்கூடும். எடுத்துக்காட்டாக, வெள்ளி நைட்ரேட் கரைசலில் வெள்ளி மின்வாய்கள் வைக்கப்பட்டபோது ஏற்படும் மின்பகுப்பைப் பார்ப்போம். Ag^+ எனும் எதிர் மின்வாய் அயனி எதிர் மின்வாயில் விடுவிக்கப்பட்டு அதன்மேல் வெள்ளி உலோகம் படியும். ஆனால் (NO_3^-) எனும் நேர் மின்வாய் அயனிகள் வெள்ளியாலான நேர் மின்வாயை அடையும்போது அதைக் கரைத்து வெள்ளி நைட்ரேட்டாக $(AgNO_3)$ மாற்றி விடுகின்றன. அது கரைசலில் கலந்து மீண்டும் அயனிப் பிரிகையாகிறது.

படத்தில் மின்பகு பொருள் வெள்ளி நைட்ரேட் எனவும், மின்வாய்கள் வெள்ளியிலானவை எனவும் கொள்வோம்,

மூன்றுவது வரியில் கூறப்பட்டதுபோல, ஒரு வெள்ளி எதிர் மின்வாய் அயனி நேர் மின்வாய்ப் பகுதியை விட்டுச் செல்லும் போது ஒரு நேர் மின்வாய் அயனி (NO_3) தனித்து விடப்படு கிறது. அதே சமயத்தில் இரண்டு NO_3 அயனிகள் நேர் மின்வாய்ப் பகுதிக்குள் வந்து சேருகின்றன. இதன் விளைவாக இப்போது நேர் மின்வாய்ப் பகுதியில் மூன்று தனித்த NO_3 அயனிகள் உள்ளன. அவை வெள்ளி நேர் மின்வாயைத் தாக்கி மூன்று வெள்ளி நைட்ரேட் மூலக்கூறுகளை உண்டாக்கு கின்றன. எனவே நேர் மின்வாய்ப் பகுதியில் இரண்டு வெள்ளி அயனிகள் அதிகமாயுள்ளன. அதே சமயத்தில் எதிர் மின்வாய்ப் பகுதியில் இரண்டு வெள்ளி நைட்ரேட் மூலக்கூறுகள் இழக்கப்படுகின்றன.

***மின்பெயர்ச்சி எண்* (Transport Number) :**

கரைசலின் வழியாக மின்சாரம் பாய்வது அயனிகளின் இடப்பெயர்ச்சி காரணமாக ஏற்படுகிறது என்று பார்த்தோம். ஒவ்வொரு அயனியும் மொத்த மின்சாரத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட பின்னத்தை எடுத்துச் செல்கிறது. அதிகமான வேகத்துடன் செல்லும் அயனி அதிக அளவுள்ள பின்னத்தை எடுத்துச் செல்லும். எனவே கரைசலின் வழியாகக் கடத்திச் செல்லப் படும் மொத்த மின்சாரத்தின் அளவு நேர் மின்வாய் அயனி, எதிர் மின்வாய் அயனி ஆகியவற்றின் வேகங்களின் கூட்டுத் தொகைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

மொத்த மின்சாரத்தில் ஒவ்வொரு அயனியும் எடுத்துச் செல்லும் பின்ன அளவிற்கு மின்பெயர்ச்சி எண் எனப் பெயர்.

எதிர் மின்வாய் அயனியின் வேகம் u^+ எனவும், நேர் மின்வாய் அயனியின் வேகம் u^- எனவும் கொள்வோம். அவற்றின் வேகங்களின் கூட்டுத் தொகை $u_+ + u_-$ மொத்த மின்சாரத்தில் எதிர் மின்வாய் அயனி கொண்டு செல்லும்

$$\text{பின்னம்} = t_+ = \frac{u_+}{u_+ + u_-} \qquad (1)$$

t_+ என்பது எதிர் மின்வாய் அயனியின் மின் பெயர்ச்சி எண். அதேபோல நேர் மின்வாய் அயனியின் மின்பெயர்ச்சி எண்

$$t_- = \frac{u_-}{u_+ u_-} \qquad (2)$$

இப்போது $t_+ + t^- = 1$ என்க.

அல்லது $t_+ = 1 - t_+$

அல்லது $t^{+} = 1 - t_{+}$.

$$\frac{\text{எதிர் மின்வாயனருகில் ஏற்படும் மின்பகு பொருள் இழப்பு}}{\text{நேர் மின்வாயனருகில் ஏற்படும் மின்பகு பொருள் இழப்பு}}$$

$$= \frac{u^{-}}{u_{+}}.$$

இரு மின்வாய்ப் பகுதிகளிலிருந்தும் இடம் பெயரும் அயனிச் சமான அளவுகளின் (ionic equivalents) கூட்டுத்தொகை $= u^{-} + u_{+}$.

எனவே (2)ம் சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$t^{-} = \frac{u^{-}}{u_{+} + u^{-}}$$

$$= \frac{\text{எதிர் மின்வாயினருகில் மின்பகு பொருள் இழப்பு}}{\text{மொத்த மின்பகு பொருள் இழப்பு}}$$

$$t + = \frac{U_{+}}{U_{-}\ U_{+}}$$

$$= \frac{\text{நேர்மின்வாயினருகில் மின் பகுபொருள் இழப்பு}}{\text{மொத்த மின்பகு பொருள் இழப்பு}}$$

எனவும் காண்கிறோம்.

$t_{+} + t_{-} = 1$ ஆதலால் ஒருமின் வாயைச் சுற்றிலும் ஏற்படுகின்ற மின்பகு பொருளிழைப்பையும், மொத்த மின்பகு பொருள் இழப்பையும் தெரிந்து கொண்டால், இருவகை அயனிகளுக்கும் மின் பெயர்ச்சி எண்ணைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

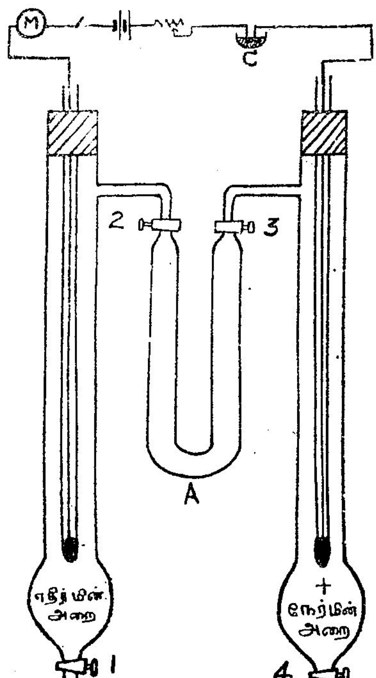
மின்பெயர்ச்சி எண்ணை அளவிடுதல்

மேலேகண்ட t_{+}, t_{-} ஆகியவற்றிற்கான இரு சமன்பாடுகளையும் பயன்படுத்தி அயனிகளின் மின்பெயர்ச்சி எண்களைக் கணக்கிடும் முறையினை ஹிட்டார்ப் வகுத்துள்ளார்.

மொத்த மின்சாரச்சமான அளவை கணக்கிட ஒரு வெள்ளி மின் முறிகலத்தை மின்பகு பொருள் உள்ள கலத்துடன் ஒரே மின் சுற்றில் இணைத்து ஒரே அளவு மின்சாரம் இருகலங்களிலும் செல்லுமாறு செய்யவேண்டும். இரு சமன்பாடுகளிலும் உள்ள பின்னத்தின் பகுதி எண்ணை (Denomination) கூலா மீட்டரில் படிந்த வெள்ளியின் சமான அளவு கொடுக்கும். சோதனைக் கலத்தில் நேர்மின் அறையிலோ எதிர்மின் அறையிலோ ஏற்பட்

டிருக்கும் செறிவு மாற்றத்தை அளந்தெடுத்துப் பின்னத்தின் தொகுதி எண்ணைக் கணக்கிடலாம். இருமின் பெயர்ச்சி எண்களின் கூட்டுத்தொகை ஒன்ருகையால் இரண்டு அறைகளிலும் உள்ள கரைசல்களையும் சோதிக்க வேண்டியதில்லை. ஒரு அயனியின் மின் பெயர்ச்சி எண் தெரிந்தால் மாற்றத்தைக் கணக்கிடலாம்.

ஹிட்டார்ப் முறையில் மின் பெயர்ச்சி எண்களை அளக்கும் போது இரண்டு அறைகளிலுமுள்ள கரைசல்கள் கலக்காமல் பார்த்துக் கொள்ளவேண்டும். அதற்காக ஒரு நடு அறையையும் சேர்த்துக் கொண்டு மின்சாரத்தினுல் நடு அறைக் கரைசலில் செறிவு மாருமல் பார்த்துக் கொள்வது வழக்கம்.



படம் 71

சோதனைக் கருவியமைப்பைப் படத்தில் காணலாம். இதில் '*A*' எனும் மின் பெயர்ச்சிக் கலமும் (Transport cell) '*C*' எனும்

வெள்ளி மின்முறி கலமும் (Coulometer), மின்கலம், மின்தடை மாற்றி, சாவி, 'M'எனும் மில்லி அம்மீட்டர் ஆகியவற்றுடன் தொடரில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

மின் பெயர்ச்சிக் கலத்தில் கரைசலை விட்டு மின் சுற்றைப் பூர்த்தி செய்து கணிசமான அளவு உலோகம் படியும்வரை பொறுத்திருக்க வேண்டும். சுமார் 3 அல்லது 4 மணிவரை 0.1 அல்லது 0·2 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும். பின்னர் மின்னோட்டத்தை நிறுத்திவிட்டு மின்வாய் அறைகளிலுள்ள கரைசல்களை வெளியிலெடுத்துச் செறிவுகளைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். மின்முறிக் கலத்தில் எதிர்மின் முனையில் அதிகரிக்கும் எடையளவு, மின்பெயர்ச்சிக் கலத்தின் வழியே சென்ற மின்சாரத்தின் அளவைக் கொடுக்கிறது. தொடக்கத்தில் உள்ள கரைசலின் செறிவும் தெரிந்திருந்தால் மின்பெயர்ச்சி எண்ணைக் கணக்கிடலாம். கணக்கிடு முறையைப் பின்வரும் எடுத்துக் காட்டினால் புரிந்து கொள்ளலாம்.

(1) 0·2 மோலால் காப்பர் சல்பேட்கரைசலை மின் பெயர்ச்சிக் கலத்தில் வைத்துத் தாமிர மின்வாய்களை வைத்து மின்பகுப்பு செய்யப்பட்டது. எதிர்மின் அறையிலுள்ள கரைசலில் 36·434 கிராம் எடையில் 0·441 கிராம் செப்பு இருந்தது. மின்முறிகலத்தில் எதிர்மின்வாயில் படிந்த வெள்ளியின் எடை 0·0405 கிராம். அயனிகளின் மின்பெயர்ச்சி எண்களைக் கணக்கிடு.

இதை காப்பர்சல்பேட்டாக மாற்றினால்,

$$0\cdot4415 \times \frac{CuSO_4}{Cu} = 0\cdot4415 \times \frac{159\cdot5}{63\cdot5}$$

$$= 1\cdot109 \text{ கிராம்.}$$

காப்பர்சல்பேட் கிடைக்கும்.

இந்த அளவு கரைந்துள்ள கரைசலில் நீரின் எடை

$$= 36\cdot434 - 1\cdot109 = 35\cdot525 \text{ கிராம்.}$$

மின்பகுப்பிற்கு முன் கரைசலின் அடர்வு = 0·2 மோல்.

எனவே ஒவ்வொரு கிராம் நீரிலும் உள்ள காப்பர்சல்பேட்டின் எடை

$$= \frac{0\cdot200}{1000} \times CuSO_4 \quad \frac{0\cdot200}{1000} \times 159\cdot5 \text{ கிராம்}$$

எனவே 35-525 கிராம் நீரில் உள்ள காப்பர்சல் பேட்டின் எடை.

$$= \frac{0\cdot200}{1000} \times 159\cdot5 \times 35\cdot325 = 1\cdot1276 \text{ கிராம்.}$$

ஆகவே எதிர்மின்வாய் அறையில் காப்பர்சல்பேட்டின் எடைக்குறைவு

$$= 1.1276—1\cdot109 \text{ கிராம்} = 0\cdot0186 \text{ கிராம்.}$$

இதைக் கிராம் சமான் எடையில்காட்டினால், $\frac{2 \times 0\cdot0186}{159\cdot6}$
$= 0\cdot000233$.

மின்கலத்தில் செலுத்தப்பட்ட மின்சாரத்தின் அளவு $0\cdot0405$ கிராம் வெள்ளிக்குச்சமம்.

அதாவது $\frac{0\cdot0405}{Ag} = \frac{0\cdot0405}{107\cdot87}$

$= 0\cdot000357$ கிராம் சமான எடை

ஆகவே மின்பகுகலத்தின் எதிர் மின்வாயில் படிந்த செப்பினால் ஏற்படும் எடைக்குறைவு $0\cdot000375$ கிராம் சமான எடையாக இருக்கவேண்டும். ஆனால் சோதனையில் கண்ட உண்மை எடைக்குறைவு 0.000233 தான். இவ்விரண்டு அளவுகளின் வித்தியானசமான $0\cdot000375—0\cdot000233 = 0\cdot000142$ கிராம் சமான எடையளவு வெளியிலிருந்து வந்திருக்க வேண்டும். எதிர்மின்வாய் அறையை நோக்கி வருவது காப்பர் அயனியாகையால் அதன் மின் பெயர்ச்சி எண்

$$t_+ = \frac{0\cdot000142}{0\cdot000375} = 0\cdot379.$$

சல்பேட் அயனியன் மின்பெயர்ச்சி $t_- = 1—0\cdot379 = 0\cdot621$.

இவ்விதமாக சோடியம் குளோரைடு கரைசலில் நேர் மின்வாயாக காட்மியத்தையும், எதிர்மின்வாயாகப் பிளாட்டினத்தையும் பயன்படுத்திச் சோடியம், குளோரைடு ஆகிய இரண்டு அயனிகளின் மின்பெயர்ச்சி எண்களை ஹிட்டார்ப் கணக்கிட்டார்.

(2) ஒரு மின் பெயர்ச்சி எண் கருவியில் 1·03 சதவீத வெள்ளி நைட்ரேட் கரைசல் வெள்ளி மின்வாய்களைக் கொண்டு மின்பகுப்பு செய்யப்பட்டது. 0·02 ஆம்பியர் மின்னோட்டக் 5050 வினாடிகளுக்குச் செலுத்தப்பட்டது. மின்பகுப்பிற்குப் பிறகு நேர்மின்வாய் அறையிலுள்ள கரைசல் 38·775 கிராம் எடையுள்ளதாயிருந்தது. அதில் 0·475 வெள்ளி நைட்ரேட் இருந்தது. வெள்ளி, நைட்ரேட் அயனிகளின் மின்பெயர்ச்சி எண்களைக் கணக்கிடு.

செலுத்தப்பட்ட மொத்த மின்னோட்டம் படிந்த உகலோகத் தின் சமான எடைகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமம். அது மின் பகு கரைசலிலிருந்து இழக்கப்பட்ட உலோக (எதிர்மின்வாய் அயனி)த்தின் எடையைத் தரும். சில சமயங்களில் படிந்த உலோகத்தின் எடையே கிடைக்கும்.

இந்த எடுத்துக் காட்டில் நைட்ரேட் அயனி வெள்ளி நேர் மின்வாயைத் தாக்குகிறது. எனவே நேர் மின்வாயில் மின்னிறக்கமாகும் நைட்ரேட் அயனி ஒவ்வொன்றுக்கும் ஒரு வெள்ளி அயனி நேர்மின்வாயிலிருப்து வெளியேறி நேர்மின்வாய் அறையை விட்டு வெளியேறும் போது ஒரு நைட்ரேட் அயனி தனித்து விடப்படும். இது நேர்மின்வாயைத் தாக்கி நேர் மின்வாய் அறையில் இன்னொரு வெள்ளி அயனி வெளுப்படுத்தப் படும். பொதுவாக மேற்கண்டபடி நேர்மின்வாய்தாக்தப்படும் போதெல்லாம், ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் நேர்மின்வாயி லிருந்து உண்டாக்கப்படும் எதிர்மின்வாய் அயனிகளின் எண்ணிக்கை, நேர்மின்வாய் அறையிலிருந்து வெளியேறும் எண்ணிக்கைகளைவிட அதிகமாயிருக்கும். இதன் விளைவாக நேர்மின்வாய் அறையில் வெள்ளியின் செறிவு குறைவதற்குப் பதிலாக அதிகமாகிறது.

கூலா மீட்டரில் படிந்த வெள்ளியின் சமான அளவு, வெள்ளி அயனிகள் இடம் பெயராவிட்டால், நேர்மின்வாயில் வெள்ளியின் செறிவில் ஏற்படுகின்ற, அதிகரிப்பைத்தரும். அப்போது இறுதியில் கணக்குப்படியான செறிவு, துவக்கச் செறிவு எதிர்மின்வாயின் மேல்படிகின்ற அளவு இவற்றின் கூட்டுத் தொகையாகும். ஆனால் வெள்ள அயனி இடம் பெயர் வதால், சோதனைப்படி கண்டுபிடிக்கப்பட உண்மையான செறிவு, கணக்குப்படியான செறிவைவிடக் குறைவாக இருக்கும். எனவே மின்பகுப்பிற்குப் பிறகு நேர்மின்வாய் அறையில் வெள்ளி அயனி செறிவில் ஏற்படும் குறைவு, கணக்

குப்படியான இறுதிச் செறிவுக்கும், உண்மையான இறுதிச் செறிவுக்கும் இடையிலான வித்தியாசத்திற்குச் சமமாயிருக்கும்.

எல்லாப் பொருள்களின் எடைகளும் வழக்கமாக சமான அளவுகளில் குறிப்பிடப்படும். அவற்றை கிராம்களிலும் குறிக்கலாம். எப்படிக்குறித்தாலும் உலோகத்திற்கோ அல்லது மின் பகுப் பொள்களுக்கோ ஒரே அலகாக இருக்க வேண்டும்.

சோதனைக்கு முன்னும் பின்னும் நேர்மின்வாய் அறையில் உள்ள பொருளின் செறிவு, இறுதிச் செறிவில் உள்ள நீரின் நிறைக்குக் கணக்கிடப்பட வேண்டும்.

(a) மின்பகுப்பிற்குப் பிறகு கரைசலின் எடை
$= 38 \cdot 775$ கிராம்.

வெள்ளி நைட்ரேட்டின் எடை $= 0 \cdot 475$ கிராம்.

எனவே நீரின் எடை $= 39 \cdot 775 - 0.475$
$= 38 \cdot 300$ கிராம்.

வெள்ளி நைட்ரேட்டின் ஒரு கிராம் சமான எடை ($169 \cdot 88$ கிராம்)யில்

ஒருகிராம் சமான எடை வெள்ளி உள்ளது

எனவே $0 \cdot 475$ கிராம் வெள்ளி நைட்ரேட்டில் உள்ள வெள்ளியின் கிராம் சமான எடை

$$= \frac{0 \cdot 475}{169 \cdot 88} = 0 \cdot 002769$$

இது மின்பகுப்பிற்குப் பிறகு நேர்மின் அறையிலுள்ள $38 \cdot 300$ கிராம்.

நீரில் உள்ள வெள்ள அயனியின் சமான அளவின் எண்ணிக்கையாகும்.

(b) மின்பகுப்பிற்கு முன் 100 கிராம் கரைசலில் $1 \cdot 03$ கிராம் வெள்ளி நைட்ரேட் இருந்தது.

எனவே நீரின் எடை $= 100 - 103 = 98 \cdot 97$ கிராம்.

அதாவது, $98 \cdot 97$ கிராம் நீரில் $1 \cdot 03$ கிராம் வெள்ளி நைட்ரேட் கரைந்திருந்தது.

எனவே 38·300 கிராம் நீரில் (அதாவது மின்பகுப்பிற்குப் பிறகு நேர்மின் வாய் அறையிலிருந்த நீரின் எடையில்) உள்ள வெள்ளி நைட்டரட்டின் எடை

$$= \frac{1 \cdot 03 \times 38 \cdot 3}{98.97} = 0 \cdot 3986 \text{ கிராம்}$$

0·3986 கிராம் வெள்ளியின் கிராம் சமான எடைகளின்

$$\text{எண்ணிக்கை} = \frac{0 \cdot 3986}{169 \cdot 88} = 0 \cdot 002346$$

இது வெள்ளியின் துவக்கச் செறிவு ஆகும்.

(c) கரைசலின் வழியாகச் செலுத்தப்பட்ட மின்சாரம் $= 0.02 \times 5050 = 101$ கூலாம்கள்.

பாரடேயின் இரண்டாவது விதியின்படி ஒரு பாரடே (9650 கூலாம்கள்) மின்சாரம் எந்த மூலகம் அல்லது அயனியினுடையதுமான ஒருகிராம் சமானஎடையை விடுவிக்கவோ அல்லது படியவோ செய்யும்.

எனவே படியவைக்கப்பட்ட வெள்ளியின் கிராம் சமான எடைகளின் எண்ணிக்கை அதாவது செறிவிலேற்பட்ட

$$\text{மொத்தஇழப்பு} = \frac{101}{96500} = 0.001047$$

(d) மேலே கண்டுபிடிக்கப்பட்ட மதிப்புகளிலிருந்து வெள்ளி அயனியின் மின்பெயர்ச்சி எண்ணைக் கணக்கிடலாம். நேர்மின் வாய் அறையில் வெள்ளி

அயனியின் துவக்கச் செறிவு $= 0.002346$ கிராம் சமான எடை.

படிவுற்ற வெள்ளியின் அளவு $= 0.001047$ கிராம் சமான எடை.

எனவே இறுதியில் நேர்மின்வாய் அறையில் கணக்குப்படியான வெள்ளி அயனியின்

$$\text{செறிவு} = 0.002346 + 0.001047$$
$$= 0.003393 \text{ கிராம் சமான எடை.}$$

எனவே மின் பகுப்பிற்குப்பிறகு நேர்மின்வாய் அறையில் வெள்ளி அயனியின்

$$\text{செறிவில் ஏற்பட்ட குறைவு} = 0.003393 - 0.002796$$
$$= \mathbf{0.000597} \textbf{ கிராம் சமான எடை.}$$

எனவே வெள்ளி அயனியின் மின்பெயர்ச்சி எண் t_+

$$= \frac{\text{நேர்மின் வாயினருகில் ஏற்படும் வெள்ளி இழப்பு}}{\text{மொத்த வெள்ளி இழப்பு}}$$

$$= \frac{0.000597}{0.001047} = 0.57$$

சல்பேட் அயனியின் மின்பெயர்ச்சி எண் $t^- = 1 - t_+$

$$= 1 - 0.57 = 0.43$$

அணைவு அயனிகள் (complex Ions)

நீரில் ஒரு மின் பகுப்பொருநி உள்ள கரைசலின் பண்புகள் எல்லாம் கரைசலில் பிரிகையால் தோன்றியிள்ள அயனிகளின் பண்புகளேயாகும்.

எடுத்துக்காட்டாக ஒருவெள்ளி உப்பின் நீர்க்கரைசல் எந்த ஒரு கரையக்கூடிய குளோரைடுடன் சேரும் போது வெள்ளி குளோரைடு வெள்ளையான தயிர் போன்ற வீழ்படிவாக உண்டாகிறது. எடுத்துக்காட்டாக வெள்ளிநைட்ரேட்டும் சோடியம் குளோரைடும் சேர்ந்தால் வெண்மையான வெள்ளிகுளோரைடு ஏற்படுகிறது.

$$Ag\,NO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3.$$

இது கரையக்கூடிய குளோரைடுகளுக்கும் தனிச்சிறப்பான வினையாகும்.

மேலும் ஒரு வெள்ளிஉப்பின் நீர்க்கரைசலை மின் பகுப்பு செய்யும் போது எதிர்மின்வாயில் வெள்ளி அயனி விடுவிக்கப் பட்டு வெள்ளி உலோகம் படிகிறது.

எடுத்துக்காட்டாக $Ag\,NO_3 \rightleftharpoons Ag^+ + NO_3^-$

எனவே கரையக்கூடிய எந்தவொரு வெள்ளி உப்பும் மேற் கண்ட இரு தனிசிறப்புத் தன்மைகளைப் பெற்றுள்ளது.

அதேபோல நீரில்உள்ள எந்தவொரு செப்பு உப்பின் கரை சலும், சோடியம் அல்லது பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடுடன் கலக்கும் போது வெளிர்நீல நிறமுள்ள குப்ரிக் ஹைட்ராக்சைடு வீழ்படிவை உண்டாக்குகிறது.

$$Cu\,SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Cu\,(OH)_2 \uparrow + Na_2\,SO_4$$

மின் பகுப்பின்போது இத்தகைய கரைசல்களில் எதிர் மின் வாயில் செப்பு (எதிர் மின்வாய் அயனி) விடுவிக்கப்படுகிறது

$$Cu\ SO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{--}$$

எனவே ஒரு ஹைட்ராக்சைடுடன் சேரும்போது வெளிர்நீல நிறமுள்ள வீழ்படிவைத் தோற்றுவிப்பதும் எதிர்மின்வாயில் செப்பு உலோகம் படிவதும், செப்பு அயனியின் தனிச்சிறப்பான தன்மைகளாகும்.

ஆனால் வெள்ளிஅயனி, செப்புஅயனி ஆகியவற்றின் தன்மைகளைச் சிலகுறிப்பிட்ட சந்தர்ப்பங்களில் மாற்றியமைக்க முடியும். எடுத்துக்காட்டாக வெள்ளிநைட்ரேட் கரைசலுடன் அளவுக்கதிகமான பொட்டாசியம் சயனைடு கரைசல் கலந்த கலவையில் ஒரு குளோரைடு கரைசலைச் சேர்த்தால் தயிர் போன்ற வெண்மையான வீழ்படிவு ஏற்படுவதில்லை, அக் கலவையை மின்பகுப்பு செய்சதால் எதிர்மின்வாயில் வெள்ளி விடுவிக்கப் படுவதில்லை. எனவே இந்த சந்தர்ப்பத்தில் கரைசலில் வெள்ளி இருந்தாலும் அது வெள்ளி அயனியின் தனிச் சிறப்புத்தன்மைகளைப் பெற்றிருக்கவில்லை என விளங்குகிறது. உண்மையில் சயனைடோடு சேர்ந்துள்ள வெள்ளி நேர்மின் வாயில் விடுவிக்கப்படுகிறது. அதாவது வெள்ளி நேர்மின்வாய் அயனியில் கலந்திருக்கிறது. இந்த ரசாயண மாற்றங்கள் வருமாறு:

$$Ag\ NO_3 + 2KCN \longrightarrow KAg(CN)_2 + KNO_3$$

பொட்டாசியம் அர்ஜன்டோசயனைடு $KAg\ (CN)_2$ ஒரு அணைவு உப்பு ஆகும். அது கரைசலில் பின்வருமாறு அயனிப் பிரிகையாகிறது.

$$KAg\ (CN)_2 \rightleftharpoons K^+ + Ag\ (CN)_2^-$$

இதில் $Ag\ (CN)_2$ ஒரு அணைவு அயனியாகும்.

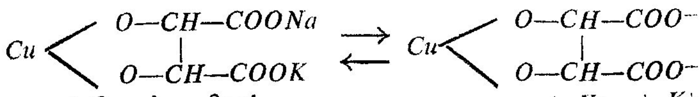
இந்த வினையில் வெள்ளி $Ag\ (CN)_2$ எனும் அணைவு அயனியின் ஒருபகுதியாக உள்ளது. ஆனால் ஒரு எளிய வெள்ளி உப்பில் வெள்ளி எதிர்மின்வாய் அயனியாக உள்ளது- அதனால் தான் பொட்டாசியம் சில்வர்சயனைடு வெள்ளி அயனியின் தனிச்சிறப்புத் தன்மைகளைப் பெற்றிருப்பதில்லை.

பெஃலிங் (Fehling) கரைசலை இன்னொரு எடுத்துக்காட்டாக பார்க்கலாம். பெஃலிங்கரைசல், இருகரைசல்களானது. ஒன்று காப்பர்சல்பேட், சோடியம் பொட்டாசியம் டார்ட்ரேட் (ரோசலிஉப்பு) ஆகியவற்றின் கலவை, மற்றது சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு கரைசல். முதல் கரைசல் இரண்டாவது கரைசலில் சேரும் போது ஆழ்ந்த நீலநிறமுள்ள தெளிவான கரைசல் ஏற்படுகிறது. வெளிர் நீலநிறமுள்ள குப்ரிக் ஹைட்ராக்சைடு வீழ்படிவு ஏற்படவில்லை. இந்த ஆழ்ந்த நீலநிறக் கரைசலை மின்பகுப்பு செய்தால் எதிர்மின்வாயில் செப்பு படிவதில்லை. இந்த இருவினைகளும் ஆழ்ந்த நீலநிறக் கரைசலில் செப்பு இருந்தாலும் அது எதிர் மின்வாய் அயனியாக (cu^{++}) இல்லை எனக்காட்டுகின்றன. இதுவும் செப்பு ஒரு பகுதியாக உள்ள சோடியம் பொட்டாசியம் குப்ரிடார்ட்ரேட் எனும் அணைவு அயனி உருவாவதால் ஏற்படுகிறது என விளக்கலாம். இந்த அணைவு உப்பின் கட்டமைப்பு நிச்சயமாகத் தெரியவில்லை. அது பின்வருமாறு இருக்கலாம்.

(a) $CuSO_4 + 2Na\,OH \longrightarrow Cu\,(OH)_2 \downarrow Na_2\,SO_4$

(b) $Cu\,(OH)_2 + NaKC_4\,H_4\,O_6$ (சோடியம் பொட்டாசியம் டார்ட்ரேட்) →

$Na\,KCuC_4\,H_2\,O_6$ சோடியம் பொட்டாசியம் குப்ரிடார்ட்ரேட்) $+2H_2O$

(c) 

+ Ka_{+} + K^{+}

(சோடியம் பொட்டாசியம் குப்ரிடார்ட்ரேட்) (அணைவு நேர்மின்வாய் அயனி)

மேலே கொடுக்கப்பட்டது போல, காப்பர்சல்பேட் முதலில் சோடியம் ஹைட்ராக்சைடுடன் வினைபுரிந்து குப்ரிக் ஹைட்ராக்சைடு ரோசெல்லி உப்புடன் வினைபுரிந்து அணைவு உப்பு உண்டாகி இறுதியில் அணைவு உப்பு கரைசலில் அயனிப்பிரிகை அடைந்து காப்பர்டார்ட்ரேட் நேர்மின்வாய் அயனியையும், சோடியம், பொட்டாசியம் ஆகியவற்றின் எதிர்மின்வாய் அயனிகளையும் தோற்றுவிப்பதாக இருக்கக்கூடும்.

$Ag\,CN_2$, காப்பர் டார்ட்ரேட் போன்ற அயனிகள் அணைவு அயனிகள் எனப்படும்.

ஈரியல்பு மின் பகு பொருள்கள்
(Amphoteric Electrolytes or Ampholytes)

நீர் மிகச்சிறிய அளவில் அயனிப்பிரிகை அடைகிறது. அது ஒரு சமயத்தில் அமிலம்போலவும், ஒரு சமயத்தில் காரம் போலவும் நடந்து கொள்ளும். அமினோ அமிலங்கள், புரோட்டீன்கள் போன்ற பொருள்கள் இதே போல நடந்து கொள்கின்றன. இவ்வாறு அமிலங்கள் போலவும், காரங்கள் போலவும் நடந்து கொள்கின்ற பொருள்கள் ஈரியல்பு மின் பகு பொருள்கள் எனப்படும். அவை மிகச்சிறிய அளவிலே அயனிப் பிரிகை அடைவதால், வீரியமற்ற அமிலங்கள், காரங்களைப் போல நடந்துகொள்கின்றன.

அமினோ அசடிக்அமிலம் அல்லது கிளைசீன் (CH_2NH_2COOH) ஒரு எளிய அமினோ அமிலமாகும். அதை நீரில் கரைத்தால் ஹைட்ரஜன் அயனிகளும் ஹைட்ராக்சில் அயனிகளும் கிடைக்கின்றன.

$$CH_2NH_2COOH + H_2O \longrightarrow HOOCCH_2NH_3OH \rightleftharpoons HOOC\,CH_2NH_3^+ + OH^-$$

இவ்வாறு அமினோ அசடிக் அமிலம் ஒரு ஈரியல்பு (amphoteric) போல நடந்து கொள்வதைக் காண்கிறோம். அது ஹைட்ரோக்குளோரிக் அமிலத்துடன் காரத்தன்மையில் வினை புரிந்து கிளை சீன் ஹைட்ரோகுளோரைடை உண்டாக்குகிறது. $HOOC\,CH_2NH_2 + HCl \longrightarrow HOOCCH_2NH_2HCl$ (கிளைசீன் ஹைட்ரோகுளோரைடு)

அது சோடியம் ஹைட்ராக்சைடுடனும் அமிலத் தன்மையில் வினை புரிந்து சோடியம் அமினோ அசேடேட் உண்டாக்குகிறது.

$$NH_2CH_2COOH + NaOH \longrightarrow NH_2CH_2COONa + H_2O.$$

நீரில் அமினோ அசெடிக் அமிலமுள்ள கரைசல் சிறிதளவு $HOOCCH_2NH_3OH$ ஆக இருக்கவேண்டும். அது கரைசலில் பின்வரும் மூன்று வகைகளில் அயனிப் பிரிகை செய்யலாம்.

$$(1)\quad HOOCCH_2NH_3OH \rightleftharpoons HOOCCH_2NH_3^+ + OH^-$$

(காரத்தன்மை)

(2) $HOOCCH_2NH_3OH \rightleftharpoons H^+ + {}^-OOCCH_2NH_3OH^-$

(அமிலத் தன்மை)

(3) $HOOCCH_2NH_3OH \rightleftharpoons H^+ + OOCCH_2\ NH_3^+ + OH^-$

மூன்றுவது வினையில் $—OOCCH_2NH_3^-$ எனும் குழு ஒரு முனையில் நேர் மின்னும், மற்ற முனையில் எதிர் மின்னும் பெற்று மின் நடுநிலையுள்ள குழுவாகியிருப்பதைப் பார்க்கலாம். அது ஒரு சுவிட்டர் (Zwitter) அல்லது இரு முனை அயனு (Hermaphrodite) எனப்படும். நீர்க்கரைசலில் கிளைசீன் முழுமையாக அயனிப்பிரிகை அடைந்து காரபாக்சில் $(HOOC)$ குழுவிலிருந்து (NH_2) ஹைட்ரஜன் மாற்றப்படுவதால் $^-OOC.\ CH_2.\ NH_{3+}$ எனும் இருமுனை (Zwitter) அயனியை உண்டாக்குகிறது என இப்போது நம்பப் படுகிறது. இவ்வாறு

$$HOOC.\ CH_2.\ NH_2 \longrightarrow {}^-OOC.\ CH_2.\ NH_{3+}$$

அப்போது இருமுனை (Zwitter) அயனி அமிலங்களுடன் காரங்களோடும் பின்வருமாறு வினைபுரியும்.

ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்துடன்

(1) $^-OOC\ CH_2NH_3^+ + HCl \rightarrow HOOC\ CH_2NH_3Cl$ (கிளைசீன் ஹைட்ரோ குளோரைடு)

(2) $HOOC.CH_2NH_3Cl \rightleftharpoons HOOCCH_2NH_3^+ + Cl^-$

சோடியம் ஹைட்ராக்சைடுடன்

(1) $^-OOCCH_2NH_3^+ + NaOH \longrightarrow NaOOCCH_2NH_2 + H_2O$

(2) $NaOOCCH_2NH_2 \rightleftharpoons Na^+ + {}^-OOCCH_2\ CH_2NH_2.$

ஆகவே கிளைசீன் கரைசல் நடுநிலையிலிருந்தாலும் அதில் இருமுனை (Zwitter) அயனி இருப்பதால் அமிலங்களோடும் காரங்களோடும் வினைபுரிய முடிகிறது.

ஈரியல்புள்ள (Amphoteric) மின்பகு பொருளின் மாறுமின் புள்ளி (isoelectric point)

ஈரியல்புள்ள மின்பகு பொருள்களின் கரை திறன் மிகக் குறைவாயிருக்கும். ஆனால் அவை வீரியமுள்ள அமிலங்களோடு அல்லது காரங்களோடு வினை புரிவதாலுண்டாகும் உப்புகள் நன்கு கரையக்கூடியவை. அதாவது கரைசலில் ஹைட்ரஜன் அயனி அல்லது ஹைட்ராக்சில் அயனியின் செறிவு அதிகமாகும்போது ஒரு ஈரியல்புகள்ள பொருளி கரைதிறன் அதிகமாகிறது எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட ஈரியல்புப் பொருளுக்குக் கரைசலில் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிலிருக்கும்போது கரைதிறன் சிறுமமாக வேண்டும். ஈரியல்புப் பொருளின் இந்த சிறுமக் கரைதிறன் செறிவு அதன் மாறு மின்புள்ளி (iso electric point) எனப்படும். மாறுமின் புள்ளியில் ஈரியல்புப் பொருளின் எதிர்மின்வாய் அயனியின் செறிவும் நேர்மின்வாய் அயனியின் செறிவும் சமமாயிருக்கு. மாறுமின்புள்ளியில் ஈரியல்புப் பொருளை எளிதாக வீழ்படிவாக்கலாம். ஈரியல்புப் பொருளின் கரைசல் மாறுமின் புள்ளியின் அமிலச்சார்பில் இருக்கும் போது அதாவது H^+ அயனியின் செறிவு மாறுமின்புள்ளியிலிருப்பதைவிட அதிகமாயிருக்கும் போது ஈரியல்புப் பொருளின் எதிர்மின்வாய் அயனி முக்கியத்துவமுள்ளதாக இருக்கும். ஆகவே ஈரியல்புப் பொருளின் அயனிகளுடன் வினைபுரிந்து உப்புகளை உண்டாகும். ஆனால் கரைசல் மாறுமின்புள்ளியின் காரச்சார்பில் இருக்கும் போது அதாவது N^+ அயனியின் செறிவுமாறு மின்புள்ளியிலிருப்பதைவிடக் குறைவாயிருக்கும்போது ஈரியல்புப் பொருளின் நேர் மின்வாய் அயனி முக்கியத்துவம் பெற்று ஆகவே ஈரியல்புப் பொருளின் எதிர்மின்வாப் அயனிகளுடன் வினைபுரிந்து உப்புகளை உண்டாகும்.

அயனிகளின் உயரியல் ரசாயன வினைகள்

புரோட்டீன்கள், மற்ற பொருள்களோடு, இரத்தம் உடல் திரவங்கள் ஆகியவற்றிலும் சில மின்பகு பொருள்கள் கரைந்துள்ளன. எனவே உடல்திரவங்களில் இம்மின் பொருள்களின் அயனிகள் இருக்கும். மனித உடலில் பல்வேறு உப்புகள் ஏற்படுத்தும் விளைவுகள், அவற்றிலிருந்து தோன்றும் அயனிகளால் ஏற்படுபவையே.

மற்ற எல்லா அயனிகளையும் விட ஹைட்ரஜன் அயனி உடலில் குறிப்பிடத்தக்க விளைவுகளை ஏற்படுத்துகிறது. எனவே

உடலிலுள்ள பலவகையான உடல்திரவங்களில் ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவைப் பராமரிப்பது செல்களும், திசுக்களும் நலத்துடன் செயல்படுத்துவதற்கு முக்கியமானதாகும். இரத்தத்தில் ஹைட்ரஜன் அழுத்தத்தை (pH) ஒழுங்கு படுத்குவதில் பைகார்பனேட் (HCO_3^-) அயனி முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது.

இதயத்தின் இயக்கத்தில் பல்வேறு அயனிகள் குறிப்பிடத்தக்க விளைவுகளை ஏற்படுத்துகின்றன. இரத்தத்திற்குப் பதிலாக உடலுட் செலுத்தப்படும் கரைசலின் பாகுநிலையும் செயல்வலுவும் இரத்தித்தினுடையதற்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும் என முன்னரே கண்டோம். அதோடு அக்கரைசலில் சில அயனிகளும் குறிப்பிட்ட விகிதத்தில் கலந்திருக்க வேண்டும். இரத்தத்திற்குச் சமமான செயல் வலுவும் பாகுநிலையும் உள்ள சோடியம் குளோரைடு உப்புக் கரைசல் இரத்தத்திற்குப் பதிலாக உடலுட்செலுத்தப்படுவதாக வைத்துக் கொள்வோம். சோடியம் அயனி (Na^+) இதயத்திற்கு நச்சூட்டக் கூடியது. ஆகவே நீண்ட நேரம் உப்புக் கரைசலை செலுத்தினால் இதயம் துடிப்பதை நிறுத்திவிடும். சோடியத்தின் இந்த விளைவைக் கரைசலுடன் சிறிதளவு கால்சியம் உப்பை (அதாவது Ca^{++} அயனியை)ச் சேர்ப்பதால் மாற்றிவிடலாம்.

கால்சியம் அயனியும் இதயத்தின் இயக்கத்தைப் பாதிக்க கூடியது. இந்த அயனிதசைச் சுருக்கத்தை ஏற்படுத்தி, இதயத் தசைகள் முழுமையாக விரிந்து தளர்வதைத் தடுக்கின்றன. ஆனால் கால்சியம் அயனிகளின் விளைவை பொட்டாசியம் (K^+) அயனிகளைச் சேர்ப்பதால் மாற்றிவிடலாம்.

கால்சியம், பொட்டாசியம் ஆகிய அயனிகள் உள்ள கரைசலும், போதுமானது அல்ல எனக்காணப்பட்டுள்ளது. சோடியம் அயனியம் இன்றியமையாதது. சோடியம் அயனிகள் இல்லாவிட்டால் இதயம் துடிப்பதைப் பராமரிக்க முடியாது. எனவே இரத்தத்திற்குப் பதிலாகச் செலுத்தப்படும் கரைசலில் சோடியம், கால்சியம், பொட்டாசியம் ஆகிய அயனிகள் ஒரு குறிப்பிட்ட விகிகத்தில் கலந்திருக்க வேண்டும்.

ரிங்கர்-லோக் (Ringer -Locke) கரைசல் எனப்படும் உப்புக் கரைசல் இவ்வுண்மைகளின் அடிப்படையில் தயாரிக்கப் பட்டுள்ளது. அதில் ஒரு லிட்டர் கரைசலில், சோடியம் குளோரைடு 9·00 கிராம், கால்சியம் குளோரைடு 0·24 கிராம், சோடியம் பை கார்பனேட் 0·20 கிராம். குளுகோஸ் 1·2 கிராம் எனும் மாறுத விகிதத்தில் உப்புகள் கரைந்துள்ளன.

இரும்பு, மங்கனீஸ் மங்னீசியம், செப்பு, துத்தநாகம் பாஸ்பேட், புரோமைடு, அயோடைடு ஆகிய அயனிகளும் உடல் நலமாக இருக்கத் தேவையானவையாகும்.

பாதரச உப்புகள் விஷமாகும். கரைசலிலுள்ள பாதரச அயனிகள் விடுபடுகின்றன. அவை மயக்கந்தருபவை. பாதரச அயனிகளின் செறிவு அதிகரிக்கும் போது இந்த விளைவும் அதிகரிக்கும். அதற்கு மாற்று செய்யப் பின்வரும் நடவடிக்கைகள் எடுக்கவேண்டும்.

(1) முட்டையின் வெள்ளைக்கரு பாதரச விஷத்திற்கு மாற்று. ஏனெனில் அது பாதரசத்துடன் இணைந்து கரையாததும் மிக லேசாக அயனிப் பிரிகையடைவதுமான சேர்மத்தை உண்டாக்கும். இவ்வாறு பாதரச அயனிகள் நீக்கப்பட்டுவிடும்.

(2) சோடியம் குளோரைடு, பொட்டாசியம் குளோரைடு ஆகியவை பாதரச அயனிகளின் போதை விளைவைக் குறைக்கவும் நீக்கவும் செய்கின்றன எனக்காணப்பட்டுள்ளது. ஏனெனில் அவை பாதரச உப்பின் அயனிப் பிரிகையை அடக்கி விடுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, $HgCl_2 \rightleftharpoons Hg^{++} + 2Cl^-$ எனும் வினையைக் கவனிப்போம். நிறைதாக்க விதியின்படி வினைவினை பொருள்களில் ஏதாவது ஒன்றின் செறிவு அதிகரிக்கும் போது, எதிர்வினை தோற்றுவிக்கப்பப்படும். எனவே சோடியம் அல்லது பொட்டாசியம் குளேரைடை ஒரு பாதரச குளோரைடுகரைசலில் சேர்த்தால் குளோரைடு அயனிகளின் செறிவு அதிகரிக்கிறது. அவை வினை வினை பொருள்களில்ஒன்றுதலால் எதிர்வினை வலுப் பெற்றுவிடும். குளோரைடு அயனியின் செறிவு அளவு கடந்து அதிகரிக்கும் போது பாதரச குளோரைடின் அயனிப் பிரிகை முற்றிலுமாக அடக்கப்பட்டு விடும். எனவே கரைசலில் பாதரச அயனிகள் இருக்காது. அதனுல் உணர்விழக்கச் செய்யும் விளைவும் இருக்காது. மேலும் சிறிது பாதரச குளோரைடு, குளோரைடு அயனிகளுடன் வினைபுரிந்து குறைந்த நச்சையுண்டாகும் அணைவு அயனி ($HgCl_4^{-}$)யை உண்டாக்கும்.

இதேபோல ஒரு கரைசலில் பல அயனிகளின் செறிவைக் கணிசமாக் குறைக்க, அவற்றைத்தக்க பொருளுடன் வினைபுரிய வைத்து விடலாம். அப்போது ஒரு அணைவு அயனி உண்

டாகும். அதில் சாதாரண அயனியின் தனிப்பண்புகள் இருக்காது.

இத்தகைய குறிப்பிட் விளைவுகளை ஏற்படுத்துவதோடு சில அயனிகள் தசைகளோ, நரம்பு மண்டலமோ செயல்படும் போது உடலில் தோன்றும் முக்கியமான மின்சாரச் செயல் களிலும் குறுக்கிடலாம். ஏனெனில் அயனிகளிலும் மின் (Charge) உள்ளது.

9. மின்பகு பொருள்களின் மின்கடத்து திறன்

ஓமின் விதியின்படி ஒரு மின் சுற்றிலுள்ள மின்தடை R ஓம்கள், செலுத்தப்பட்ட மின்னியக்கு விசை E வோல்ட்டுகள், சுற்றில் பாயும் மின்னேட்டம் I ஆம்பியர்கள் எனில்,

$$R = E / I \tag{1}$$

வெவ்வேறு உலோகக் கடத்திகளின் மின்தடையை ஒப்பிடுவதற்கு மின்தடை எண் (Specific resistance or Resistivity) எனும் அளவு பயன்படுகிறது. ஒரு சீரான கடத்தியின் மின்தடை (R) அதன் நீளத்திற்கு (l) நேர் விகிதத்திலும், அதன் குறுக்குப் பரப்பிற்குத் (a) தலை கீழ் விகிதத்திலும் உள்ளதால்,

$$R \propto \frac{l}{a} \quad \text{அல்லது} \quad R = \frac{Sl}{a} \tag{2}$$

இங்கு 'S' என்பது மின்தடை எண் ஆகும். அது ஒரு குறிப்பிட்ட உலோகத்திற்கு தனிச்சிறப்பான மாறிலி.

$$S = \frac{Ra}{l}$$

மின்தடை எண்ணின் தலைகீழ் மதிப்பு பொருளின் கடத்து திறன் எண் (Specific Conductance) எனப்படும்.

அதாவது, நியமக்கடத்து திறன் $K = \dfrac{1}{S} = \dfrac{l}{Ra}$

நியமக்கடத்து திறன் மோ (mho) எனும் அலகுகளில் அளிக்கப்படும்.

மேலேகண்ட வரையறைகள் மின்பகுப்புப் பொருள்களுக்கும் பொருந்தும். ஆனால் அவற்றின் கடத்துதிறன் மின்பகு பொருள் கரைசலின் செறிவைப் பொறுத்து அமையும். எனவே

இருகரைசல்களின் கடத்துதிறன்களை ஒப்பிடுவதற்கு, அவற்றில் சமான அளவு மின்பகு பொருள்கள் இருக்கவேண்டும். எனவே சமான கடத்துதிறன் (Equivalent Conductance) என்பது கரைசல்களுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் அளவாகும்.

கடத்துதிறன் எண் ஒருகிராம் சமான அளவுபொருள் கரைந்துள்ள கரைசலின் மில்லிமீட்டர் பருமம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகை சமான கடத்து திறன் எனப்படும். ஒரு சென்டி மீட்டர் இடைவெளியில் உள்ள மின்வாய்களை எதிர் எதிர் சுவர்களாகக் கொண்ட ஒரு கலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள, ஒரு கிராம் சமான அளவு பொருள் கரைந்துள்ள கரைசலின் கடத்துதிறனையும் சமான கடத்துதிறனுக வரையறுக்கலாம்.

சமான கடத்துதிறன் λ எனும் எழுத்தால் குறிக்கப்படுவது வழக்கம். பொருளின் கடத்துதிறன் எண் K, மின்பகு பொருளின் ஒரு கிராம் சமான எடை கரைந்துள்ள கரைசலின் பருமம் v மிலி லிட்டர் எனில்,

$$\lambda = Kv$$

சில சமயங்களில் மூலக்கூறு கடத்துதிறன் (Molecular Conductance) என்ற அளவும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. நியமக் கடத்துதிறன் எண்ணையும் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு எடை மின்பகு பொருளைக் கொண்ட கரைசலின் மிலி மீட்டர் பருமத்தையும் பெருக்கினுல் கிடைக்கும் தொகை மூலக்கூறு கடத்துதிறன் எப்படும். அதை 'X' எனும் எழுத்தால் குறிப்பது வழக்கம்.

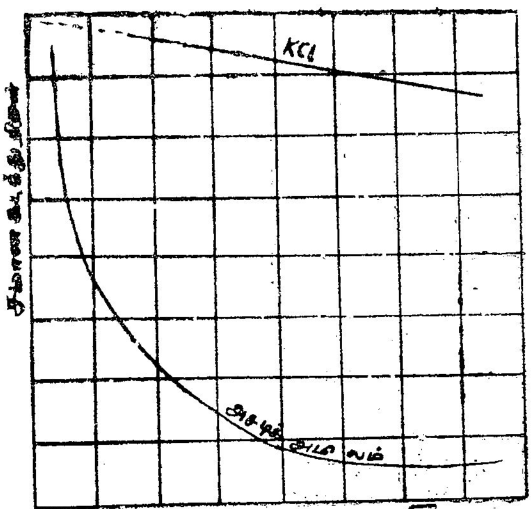
சமானகடத்துதிறனும் நீர்த்தலும் (Dilution)

சமான கடத்துதிறனும் மூலக்கூறு கடத்துதிறனும் மின்பகு பொருள் கரைசலின் நீர்த்தல் அதிகரிக்கும்போது அதிகரிப்பதாகக் காணப்பட்டுள்ளது. நீர்த்தல் மிகவும் அதிகமாயிருக்கும் நிலையில் அவை ஒரு பெரும அளவை எட்டுகின்றன. அந்தப் பெரும அளவு வரம்பிலி நீர்த்தலில் (infinite dilution) சமான கடத்துதிறன் எனப்படும். அதை λ 60ம் எனக்குறிப்பது வழக்கம். வரம்பிலி நீர்த்தல் எனும்பேது, அதற்குமேல் நீர்த்தல் ஏற்பட்டாலும் சமான கடத்துதிறன் மேலும் உயராது என்பதே பொருளாகும்.

கனிம அமிலங்கள், வீரிய அமிலங்கள், கரிமக்காரங்கள், உப்புகள் போன்ற மின்பகு பொருள்களின் சமான கடத்துதிறன்

கள் நீர்த்தலினுல் அவ்வளவாகப் பாதிக்கப்படவில்லை எனக் காணப்பட்டுள்ளது. அவை எளிதில் மின்பகு பொருள்கள் (Strong electrolytes) எனப்படும். ஆனுல் வீரியமற்ற அமிலங் கள் கரிமகார்பாக்சில் அமிலங்கள்) வீரியமற்ற காரங்கள் (அமின்கள்) ஆகியவற்றின் சமான கடத்துதிறன்கள் நீர்த்தல் அதிகரிக்கும்போது படிப்படியாக அதிகரிப்பதாகக் காணப்பட் டுள்ளன. நீர்த்தல் அதிகமாயிருக்கும்போது சமான கடத்து திறன் விரைவாக அதிகரிக்கிறது. இத்தகைய பொருள்கள் எளிதில் மின்பகாப் பொருள்கள் எனப்படும்.

எளிதில் மின்பகு பொருளுக்கும் (KCl), எளிதில் மின்பகாப் பொருளுக்கும் ஆன கடத்துதிறன் அளவுகள் படத்தில் காட்டப்



படம் 72

பட்டுள்ளன. பொட்டாசியம் குளோரைடுக்கான கோடு கிட்டத் தட்ட நேர்கோடாக, அதிகச் சரிவின்றி உள்ளது. அதாவது நீர்த்தலினுல் சமான கடத்துதிறன் அவ்வளவாக மாறுவதில்லை எனக்குறிப்பிடுகிறது. அசெடிக் அமிலத்துக் கானகோடு மிகவும் சரிவுள்ளதாக, நீர்த்தல் மிகுந்த அளவிலிருக்கும்போது சமான கடத்துதிறன் விரைவாக அதிகரிக்கும் என்பதைக் குறிக் கின்றது. எளிதில் மின்பகு பொருள்களின் λ_∞ மதிப்பை வரை படத்திலிருந்து கண்டுபிடிக்கலாம். எளிதில் மின்பகாப் பொருள்

களுக்கு வரைபடத்திலிருந்து λ_∞ மதிப்பைக் கண்டு பிடிப்பது கடினமாகும். துல்லியமான முடிவுகளும் கிடைக்காது.

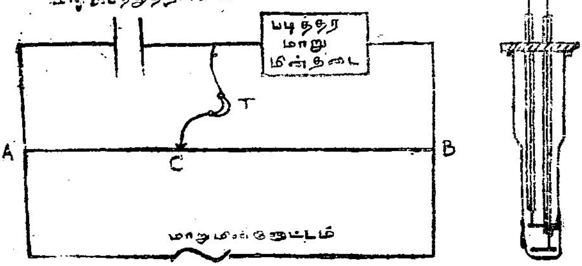
வெப்பநிலையும் சமான கடத்துதிறனைப் பாதிக்கிறது. வெப்பநிலை உயரும்போது ஒரு மின்பகு பொருள் கரைசலின் சமான கடத்துதிறன் அதிகமாகிறது. உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் அயனிகளின் ஊடுருவு வேகங்கள் (mobilities) அதிகமாயிருப்பதால் இது ஏற்படுகிறது.

ஒரு மின்பகு பொருள் கரைசலின் சமான கடத்துதிறனைக் கண்டுபிடித்தல்

தெரிந்த செறிவுள்ள ஒரு கரைசலில் தெரிந்த பரப்புள்ள இரு பிளாட்டின மின்வாய்களைக் குறிப்பிட்ட இடைவெளியில் வைத்து ஒரு மின்னோட்டத்தைச் செலுத்திக் கரைசலில் மின்தடையை நிர்ணயிப்பதன் மூலம் மின்பகு பொருள் கரைசலின் சமான கடத்துதிறன் கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது.

25°C வெப்பநிலையில் சோடியம் குளோரைடு கரைசலின் மின் கடத்துதிறனை அளக்க வேண்டும் எனக் கொள்வோம். வெப்பநிலையைப் பொறுத்துக் கடத்தியின் மின்தடை மாறுமாதலால் சோதனையின்போது வெப்பநிலை மாருமல் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும்.

வீட்ஸ்டன் சுற்றுமுறையைச் சிறிது மாற்றி இங்கு பயன்படுத்தலாம். படத்தில் காட்டியுள்ள மின்கடத்தல் கலத்தில்



படம் 73

(Conductance Cell) கரைசலை எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். சோதனையின்போது இருமின்வாய்களுக்கும் இடையிலுள்ள தொலைவு மாருமல் இருக்க வேண்டும். ஒரு பெருளின் மின்

கடத்துதிறனை அளப்பதற்காக அந்த மின்வாய்களின் பரப்பையும் அவற்றிற்கிடையிலுள்ள பரப்பையும் அளந்துகொள்ள வேண்டும். இவற்றைச் சோதனை முறையில் அளப்பது கடினமாதலால் $\frac{N}{10}$ பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலை இக்கலத்தில் விட்டு அதன் மின் தடையைக் கண்டு பிடிக்க வேண்டும். பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலின் நியமக் கடத்துதிறனை அட்டவணைகளிலிருந்து பெற்றுக் கலத்தின் மாறிலியைக் கண்டு பிடித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

மின்பகு பொருளின் வழியாக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்துகையில் மின்வாய்களில் வாயுக்கள் வெளிப்பட்ட துருவகரணம் (Polarisation) ஏற்படும். மின்வாய்களில் படியும் வாயுகரைசலின் மின்தடையை அதிகரிக்கும். எதிர்மின்னியக்கு விசை ஒன்றையும் தோற்றுவிக்கும். ஆகவே அதைத் தவிர்க்கவேண்டும். மாறுதிசை மின்னோட்டத்தைப் பயன்படுத்தி இக்குறையை நிவர்த்திக்கலாம். தூண்டு சுருளை இணைத்து மாறு மின்னோட்டம் பெறப்படும். பிளாட்டினக் குளோரைடு கரைசலைக் கலத்தில் எடுத்துக் கொண்டு மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தினால் இருமின் வாய்களிலும் சமச்சீராக பிளாட்டினம் படியும். இதனால் துருவகரணம் தடுக்கப்படும். சாதாரண கால்வனு மீட்டர் மாறு மின்னோட்டத்திற்குப் பயன்படாது. ஆகவே படத்தில் காட்டியபடி தொலைபேசிக் காதுக் கருவியை (ear-phone) இணைத்துச் சுற்றை அமைக்கவேண்டும். AB எனும் கம்பியில் சருக்குச்சாவி (Jockey) யை இணைத்து மெதுவாக நகர்த்திக் கொண்டே சென்று காதுக் கருவியில் ஒலி சிறும அளவை எட்டும்போது சருக்குச்சாவி உள்ள இடத்தை (c) க் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். இந்நிலையில் கம்பியின் இரு பகுதிகளின் தகவும், இருமின் தடைகளின் தகவும் சமமாகும். அதாவது,

$$\frac{\text{மின்பகு பொருளின் மின்தடை}}{\text{சுற்றிலுள்ள மின்தடை}} = \frac{AC}{BC}$$

கலத்தின் மாறிலியைக் கணக்கிடுதல்:

வாய்ப்பாடுகளிலிருந்து $\frac{N}{10}$ பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலின் நியமக்கடத்து திறனை அறியலாம். நியமக் கடத்து திறன் $K = \frac{l}{aR}$ என நாம் அறிவோம். இதில் மின்பகு பொருளின் நீளம் l, அதன் குறுக்குப் பரப்பளவு 'a' ஆகிய

இரண்டும் மாருதவையாதலால் $\frac{l}{a}$ ஒரு மாறிலியாகும். இது கலத்தின் மாறிலி (Cell Constant) எனப்படும். அளந்தெடுத்த மின் தடையினுல் நியமக் கடத்துதிறனே பெருக்கினுல் கலத்தின் மாறிலி கிடைக்கும். கலத்தை நன்கு சுத்தம் செய்துவிட்டுப் பின்னர் சோடியம் குளோரைடு கரைசலே ஊற்றி முன்போலவே மின் தடையைக் கணக்கிட வேண்டும். 'C' என்பது கலத்தின் மாறிலி. 'R'' என்பது கரைசலின் மின் தடை, 'K'' அதன் நியமக் கடத்து திறன் எனில் $K' = \frac{C}{R'}$ இதிலிருந்து K' கணக்கிடப்படும்.

துல்லியமாக அளவீடு எடுக்க வேண்டுமானுல் நீரைப் பல முறை காய்ச்சி வடித்துச் சுத்தம் செய்து உபயோகிக்க வேண்டும். நீரின் மின் தடையைக் கண்டுபிடித்து அதைக் கரைசலின் மின் தடையிலிருந்து கழித்துவிட வேண்டும். நீருடன் பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட் உப்பைச் சிறிது கலந்து குவார்ட்ஸ் குடுவைகளில் குறைந்த அழுத்தத்தில் ஆவியாக்கி வெள்ளீய திரவமாக்கு சாதனங்களில் வடித்து மின்கடத்து நீரை (Conductivity water) தயார் செய்து கொண்டு அதன் மின் தடையைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். கோல்ராஷ் எனும் விஞ்ஞானி நீரை 42 முறை காய்ச்சி வடித்து அதன் நியமக் கடத்து திறன் $= 0{\cdot}043 \times 10^{-6}$மோ எனக் கண்டார்.

எடுத்துக் காட்டு :

25°C வெப்ப நிலேயில் $\frac{N}{50}$ பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலேக் கொண்ட கலத்தின் மின் தடை 550 ஓம்கள். இவ் வெப்ப நிலேயில் பொட்டாசியம் குளோரைடின் நியமக் கடத்து திறன் $0{\cdot}002768$ மோ. இதே கலத்தில் $\frac{N}{10}$ துத்தநாக சல்பேட் கரைசலின் மின் தடை $72{\cdot}18$ ஓம்களாகக் காணப்பட்டது. சல்பேட் கரைசலின் மூலக்கூறு எடை, கிராம் சமான எடை கடத்து திறன்களே கணக்கிடு.

முதலில் கலத்தின் மாறிலியைக் கணக்கிடுவோம். பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலின் நியமக் கடத்து திறனே மின் தடையினுல் பெருக்கினுல் கலத்தின் மாறிலி கிடைக்கும். எனவே கலத்தின் மாறிலி $= 0{\cdot}002768 \times 550 = 1{\cdot}523$.

துத்தநாக சல்பேட் கரைசலின் நியமக் கடத்துதிறன்

$$= \frac{1 \cdot 523}{72 \cdot 18} = 0 \cdot 0211 \text{ மோ.}$$

அதன் கிராம் மூலக்கூறு கடத்துதிறன்

= $0 \cdot 0211 \times$ ஒரு கிராம் மூலக்கூறு எடை கரைந்துள்ள கரைசலின் மிலிமீட்டர் பருமம்.

= $0 \cdot 0211 \times 10{,}000 = 211$ மோக்கள்.

∴ கிராம் சமான எடை கடத்து திறன்

= நியமக் கடத்துதிறன் × ஒரு கிராம் சமான எடை கரைந்துள்ள கரைசலில் மில்லி மீட்டர் பருமம்

= $0 \cdot 0211 \times 5000 = 105 \cdot 5$ மோக்கள்.

அயனிப் பிரிகைவீதம் (Degree of Dissociation)

ஒரு மின்பகு கரைசலில் அயனிகள் மட்டுமே மின்னோட்டத்தை எடுத்துச் செல்கின்றபடியால் ஒரு கரைசலின் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவு கரைசலிலுள்ள அயனிகளின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்துள்ளது. எனவே நீர்த்தல் அதிகமாகும்போது சமான கடத்து திறன் அதிகமாகும் என கோல்ராஷ் கண்டுபிடித்தது கரைசலின் நீர்த்தல் அதிகரிக்கும் போது மின்பகு பொருள் அயனிகளாகப் பிரிவதும் அதிகரிக்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. மின்பகு பொருள் அயனிகளாகப் பிரிவது வரம்பு கடந்த நீர்த்தலின்போது பெரும அளவை எட்டுகிறது. வரம்பு கடந்த நீர்த்தலின்போது மின்பகு பொருள் முற்றிலுமாக அயனிப் பிரிகை அடைந்து விடுகிறது என அர்ரீனியஸ் கருதினார். மின்பகு பொருளின் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவு அதிலுள்ள அயனிகளின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்விகிதத்திலிருப்பதால், ஒரு குறிப்பிட்ட நீர்த்தலில் அயனிப் பிரிகை வீதம் $\propto = \frac{\lambda v}{\lambda_\infty}$ எனும் சமன்பாட்டினால் தரப்படுகிறது. இதில் λv என்பது v எனும் நீர்த்தலில் உள்ள சமான கடத்துதிறன். (v என்பது ஒரு கிராம் சமான எடை பொருள் உள்ள கரைசலின் மிலிலிட்டர் பருமம்), λ_∞ என்பது வரம்பு கடந்த நீர்த்தலில் சமான கடத்து திறன்.

எனவே ஒரு மின்பகு பொருளின் பிரிகை வீதமாவது ஒரு குறிப்பிட்ட செறிவில் மின்னோட்டத்தை எடுத்துச் செல்லவல்ல

அயனிகளாகப் பிரிந்த மின்பகு பொருளின் சார்பு அளவு (function) ஆகும். பிரிகை வீதம் நீர்த்தலுக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். அதை ஒரு பின்னமாகவோ, சதவீதமாகவோ குறிப்பிடலாம். அதைச் சதவீதமாகவே குறிப்பது வழக்கம்.

பிரிகை வீதத்திற்கான மேலே கண்ட சமன்பாடு எளிதில் மின்பகாப் பொருள்களுக்கு மட்டுமே பொருந்தும். ஏனெனில் எளிதில் மின்பகுப் பொருள்கள் எல்லா நீர்த்தல் நிலைகளிலும் முற்றிலுமாகப் பிரிகை அடைந்து விடுகின்றன. எனவே எளிதில் மின்பகுப் பொருள்களுக்கு $\frac{\lambda v}{\lambda_{\infty}}$ எனும் தகவு கடத்து திறன் தகவு (Conductance ratio) என்றே சொல்லப்படும்.

கோல்ராஷின் விதி

எளிதில் மின்பகுப் பொருள்களுக்கு λ_{∞}-ன் மதிப்பை சமான கடத்து திறன்—செறிவின் வர்க்க மூலம் வரை படத்திலிருந்து கண்டுபிடிக்கலாம். ஆனால் முன்னமே சுட்டிக்காட்டியதுபோல இவ்வாறு எளிதில் மின்பகாப் பொருள்களுக்குச் செய்வது கடினமானதும் துல்லியமற்றதுமாகும். பல மின்பகுப் பொருள்களுக்கு வரம்பு கடந்த நீர்த்த நிலையில் சமான கடத்து திறன்களைச் சோதித்த கோல்ராஷின் முடிவுகளைப் பயன்படுத்தி எளிதில் மின்பகாப் பொருள்களுக்கு λ_{∞}-யின் மதிப்பு கண்டுபிடிக்கப் படுகிறது.

கோல்ராஷின் சோதனை முடிவுகளின் அடிப்படையில் கோல்ராஷின் விதி உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. அது கூறுவதாவது :

மின்பகு பொருளின் வரம்பு கடந்த நீர்த்த நிலையில் சமான கடத்து திறன், மின்பகு பொருளிலிருந்து கிடைக்கும். இரு அயனிகளின் ஊடுறு வேகங்களின் (mobility) கூட்டுத் தொகையாகும்.

அதாவது $\Lambda_{\infty} = \lambda_{+} + \lambda_{-}$

λ_{+}, λ_{-} ஆகியவை முறையே நேர், எதிர் அயனிகளின் அயனிக் கடத்துதிறன் (Ion Conductance) அல்லது ஊடுறு வேகங்கள் எனப்படும். எந்தவிதமான அயனிகள் இருந்தாலும் ஒவ்வொன்றும் வரம்பு கடந்த நீர்த்தலில் மொத்த கடத்து திறனில் தனது பங்கைச் சேர்த்துவிடுகிறது. எனவே வரம்பு கடந்த நீர்த்தலில் எந்த ஒரு அயனியின் தனி இயல்பாகும்.

ஒரு அயனியின் கடத்து திறன் மதிப்பு வெப்ப நிலையையும், கரைப்பானின் தன்மையையும் மட்டுமே பொறுத்தது.

கோல்ராஷின் விதியைப் பின்வரும் எடுத்துக்காட்டினல் விளக்கலாம். வரம்பு கடந்த நீர்த்தலுக்கு,

(1) 18°C யில் பொட்டாசியம்

குளோரைடின் $\Lambda_\infty = 130 \cdot 0$

சோடியம் குளோரைடின் $\Lambda_\infty = 108 \cdot 9$

வித்தியாசம் $= 21 \cdot 1$

பொட்டாசியம் நைட்ரேட்டின் $\Lambda_\infty = 126 \cdot 3$

சோடியம் நைட்ரேட்டின் $\Lambda_\infty = 105 \cdot 2$

வித்தியாசம் $= 21 \cdot 1$.

(2) இதே போல,

சோடியம் குளோரைடின் $\Lambda_\infty = 108 \cdot 9$

சோடியம் நைட்ரேட்டின் $\Lambda_\infty = 105 \cdot 2$

வித்தியாசம் $= 3 \cdot 7$

பொட்டாசியம் குளோரைடின் $\Lambda_\infty = 130 \cdot 0$

பொட்டாசியம் நைட்ரேட்டின் $\Lambda_\infty = 126 \cdot 3$

வித்தியாசம் $= 3 \cdot 7$

முதல் எடுத்துக்காட்டில் பொட்டாசியம் குளோரைடு, சோடியம் குளோரைடு ஆகியவற்றின் Λ_∞ மதிப்புகளுக்கிடையி லுள்ள வித்தியாசம் 21·1. அதே போல பொட்டாசியம் நைட்ரேட், சோடியம் நைட்ரேட் ஆகியவற்றின் Λ_∞ மதிப்பு களுக்கிடையிலுள்ள வித்தியாசமும் 21·1. இது போல ஒரே நேர் மின்வாய் அயனியுள்ள எல்லா சோடியம், பொட்டாசியம் உப்புகளுக்கும் 21·1 எனும் வித்தியாசம் மாறிலியாயிருக்கிறது. இந்த வித்தியாசம் நேர் மின்வாய் அயனியின்] தன்மையைப் பொறுத்ததல்ல. எனவே K^+ அயனியின் கடத்து திறன் Na_+ அயனியின் கடத்து திறனைவிட 21·1 அதிகம். அதே போல இரண்டாவது எடுத்துக்காட்டில் Cl^- அயனியின் கடத்துதிறன் NO_3^- அயனியின் கடத்து திறனைவிட 3·7 அதிகம். இவ்வாறு Λ_∞ மதிப்புகளுக்கிடையிலுள்ள மாறிலியான வித்தியாசம் நேர் மின்வாய் அயனியோ, எதிர் மின்வாய் அயனியோ பொதுவாக உள்ள மற்ற உப்பு ஜோடிகளுக்கும் ஏற்படுகிறது. எனவே

வரம்பு கடந்த நீர்த்தலில் ஒவ்வொரு அயனியும், மின்பகு பொருளின் சமான கடத்து திறத்தில் தன்னுடைய குறிப்பிட்ட பங்கைப் பெற்றிருக்கிறது.

சமானக் கடத்து திறனில் ஒரு அயனியின் பின்னப்பங்கு என்பது மொத்த மின்னோட்டத்தில் அந்த அயனி எடுத்துச் செல்லும் பின்னமாகும். அது அதனுடைய மின்பெயர்ச்சி எண்ணாகும். எனவே

$$\frac{\lambda_+}{\infty\Lambda} = t_+ = \frac{u_+}{u_+ + u_-}$$

$$\frac{\lambda_-}{\infty\Lambda} = t_- = \frac{u_-}{u_+ + u_-}$$

இதில் λ_+, λ_- ஆகியவை வரம்பு கடந்த நீர்த்தலில் முறையே நேர் அயனி, எதிர் அயனி ஆகியவற்றின் கடத்து திறன்கள், t_+, t_- ஆகியவை முறையே அவற்றின் மின் பெயர்ச்சி எண்கள், u_+, u_- ஆகியவை முறையே அவற்றின் இடப்பெயர்ச்சி வேகங்கள் ஆகும். Λ^∞ என்பது வரம்பு கடந்த நீர்த்தலில் மின்பகு பொருளின் சமான கடத்து திறன் ஆகும்.

பொதுவாக வரம்பு கடந்த நீர்த்தலில் ஒரு அயனியில் அயனி கடத்து திறன் $\lambda\infty$, மின்பெயர்ச்சி t_0, வரம்பு கடந்து நீர்த்தலில் மின்பகு பொருளின் சமான கடத்து திறன் Λ_∞ எனின்

$$\frac{\lambda\infty}{\Lambda^\infty} = t_0 \text{ அல்லது } \lambda\infty = t_0\,\Lambda^\infty$$

எனவே எந்த ஒரு அயனியின் கடத்து திறனையும் மேற் கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிட்டு விடமுடியும். அதற்கு அந்த அயனி அடங்கியுள்ள ஒரு மின்பகு பொருளின் Λ^∞ மதிப்பையும், அந்த மின்பகு பொருளில் அந்த அயனியின் மின் பெயர்ச்சி எண்ணையும் கண்டுபிடித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

கோல்ராஷ் விதியின் பயன்

இந்த விதி எளிதில் மின்பகாப் பொருள்களின் வரம்பு கடந்த நீர்த்த கரைசல்களுக்கு சமான கடத்துதிறனை கணக்கிட உதவி செய்கின்றது. இதை சோதனை மூலம் கணக்கிட முடியாது. எடுத்துக் காட்டாக, எளிதில் மின்பாகப் பொருளான அசெடிக் அமிலத்திற்கு Λ^∞ மதிப்பு சோதனை மூலம் கண்டு பிடிக்க முடியாது. ஆனால் எளிதில் மின் பகுப் பொருள்களான

பொட்டாசியம் குளோரைடு, பொட்டாசியம் அசடேட், ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம் ஆகியவற்றின் வரம்பு கடந்த நீர்த்த கரைசல்களுடைய சமான கடத்து திறனைச் சோதனை மூலம் கண்டு பிடிக்க முடியும். இந்த மதிப்புகளிலிருந்து அசெடிக் அமிலத்திற்கு $\Lambda\infty$ மதிப்பைக் கணக்கிட்டு விடலாம். எடுத்துக்காட்டாக, 18°C வெப்பநிலையில்,

ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தின் $\Lambda\infty = \lambda H + \lambda Cl = 380$

பொட்டாசியம் அசெடிட்டின் $\Lambda\infty = \lambda K + \lambda Ac = 100$

பொட்டாசியம் குளோரைடின் $\Lambda\infty = \lambda K + \lambda Cl = 131$

$\lambda H + \lambda Ac = (\lambda H + \lambda Cl) + (\lambda K + \lambda Ac) - (\lambda K + \lambda Cl)$

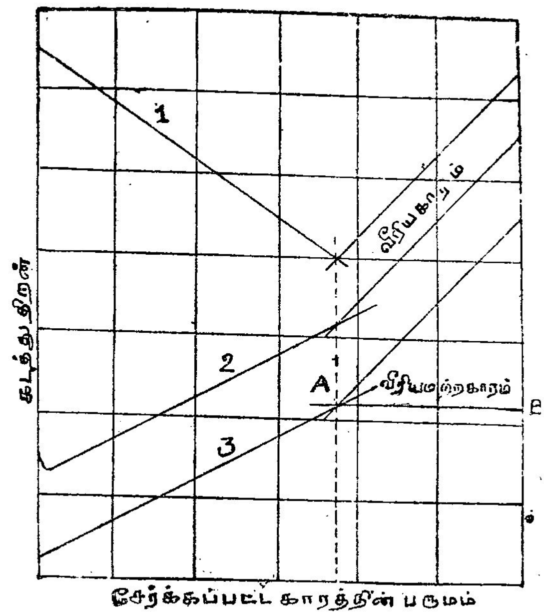
எனவே அசெடிக் அமிலத்தின் $\Lambda\infty = \lambda H + \lambda Ac$
$= 380 + 100 - 131 = 349$ மோக்காள்.

மின் கடத்தித் தரம் பார்த்தல் (Conductance Titrations)

மின்பகுப் பொருள் கரைசலின் கடத்துதிறன் செறிவையும், மின்பகு பொருளிலிருந்து தோன்றும். அயனிகளின் இடப் பெயர்ச்சி வேகத்தையும் பொருத்தது. எனவே கரைசலின் செறிவிலோ, அயனிகளின் இடப்பெயர்ச்சி வேகங்களிளோ மாறுதல் ஏற்பட்டால் கரைசலில் கடத்து திறத்திலும் மாற்ற மேற்படும். இத்தத்துவம் மின் கடத்தித்தரம் பார்த்தலில் உபயோகிக்கப்படுகிறது.

ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம்போன்ற வீரியமுள்ள அமிலக் கரைசலில் ஏராளமான விரைந்து இயங்கும் ஹைட்ரஜன் அயனிகள் இருக்கும். ஆகவே அதன் கடத்துதிறனும் கணிசமாக இருக்கும். இத்தகைய கரைசலை சோடியம், ஹைட்ராக்சைடு போன்ற வீரியமுள்ள காரத்தினல் படிப்படியாக நடுநிலை யாக்கினல், அமிலத்தின் H^+அயனிகளுக்குப் பதிலாக, காரத் தின் Na^+ அயனிகள் அமைகின்றன. ஹைட்ரஜன் அயனிகள் காரத்தின் OH^- அயனிகளோடு இணைந்து நீரை உண்டாக்கு கின்றன. நீர் அயனிப் பிரிகை அடைந்திருக்காது. வினையின் மற்ற வினைபொருளான சோடியம் குளோரைடு முழுமையாக சோடியம் அயனிகளாகவும் குளோரின் அயனிகளாகவும் பிரிகையடையும் Na^+, Cl^- ஆகிய அயனிகளின் இடப்பெயர்ச்சி வேகம் H^+ அயனிகளினுடையதைவிட மிகக்குறைவு. மேலும் H^+ அயனிகள் நீக்கப்படுவதால், கரைசலிலுள்ள அயனிகளின் மொத்த எண்ணிக்கை குறைகிறது. அதன் விளைவாக வீரிய

முள்ள காரத்தைப் படிபடியாகச் சேர்க்கும் போது கரைசலின் கடத்து திறன் நேர் விகிதத்தில் குறைகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில் சமான எடையுள்ள அமிலமும் காரமும் கலந்திருக்கும் போது அறிமுறையிலான நடுநிலைமை (முடிவுப் புள்ளி-end point)



படம் 74

எட்டப்படும். முடிவுப் புள்ளியில் மெதுவாய் நகரும் Na^+ அயனிகளும் Cl^- அயனிகளும் பெரும்பான்மையாயிருக்கும். H^+,OH^- ஆகிய அயனிகளின் செறிவு சிறுமமாயிருக்கும். எனவே கரைசலின் கடத்து திறனும் சிறுமமாயிருக்கும். அதற்கு மேல் வீரியமுள்ள காரத்தைச் சேர்த்தால், விரைந்தியங்கும் OH^- அயனிகளின் எண்ணிக்கை கணிசமாக உயரும். எனவே கடத்துதிறன் இப்போது அதிகமாகும். கரைசலின் கடத்து திறன் அல்லது மீட்டர் சமனச்சுற்றின் மின்தடை அளவீடுகளுக்கும் சேர்க்கப்பட்ட காரத்தின் பருமத்திற்கும் இடையில் வரையப்படும் வரைபடத்தில், ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் வெட்டிக்கொள்கின்ற இரு நேர்கோடுகள் கிடைக்கும். படத்தில் (1)ஆம் கோட்டைப் பார்க்கவும். கோடுகள் வெட்டிக் கொள்ளும் புள்ளி, தரம் பார்த்தலின் முடிவுப் புள்ளியைக்

கொடுக்கிறது. கரைசலின் பருமத்தை முடிந்த வரை மாருமல் வைத்திருக்கும் போது நேர்கோடுகள் கிடைக்கும். இதற்காக மின்பகுகலத்தில் எடுத்துக் கொள்ளப்படும் கரைசல் நீர்த்ததாகவும் அதோடு கலக்கப்படுகின்ற கரைசல் அதைப் போல சுமார் பத்து மடங்கு செறிவுள்ளதாயும் இருக்க வேண்டும்.

வீரியமற்ற அசெடிக் அமிலம் போன்ற அமிலத்தை மேற்கண்ட முறையில் வீரியமுள்ள காரத்திஞல் நடுநிலையாக்கும் போது கிடைக்கும் வரைபடம் படத்தில் (2)வது கோட்டைப்போல இருக்கும். அமிலத்தின் கடத்துதிறம் குறைவு. சில சமயங்களில் கரைசலின் கடத்துதிறம் சிறது குறையவும் செய்கிறது. அதோடு சிறிதளவு சோடியம் ஹைட்ராக்சைடை சேர்த்தால், கணிசமாக அயனிப்பிரிகையாகிற சோடியம் அசெடேட் எனும் எளிதில் மின்பகுபொருள் உண்டாகிறது. எனவே கடத்துதிறன் அதிகரிக்கிறது. முடிவுப் புள்ளிக்கு மேலே காரத்தைச் சேர்த்தால் மேலே காணப் பட்டது போலவே கடத்துதிறன் மேலும் அதிகரிக்கிறது. வரைபடத்தில் ஒன்றையொன்றை வெட்டிக் கொள்கின்ற இரு கோடுகள் கிடைக்கின்றன. அவை வெட்டிக் கொள்ளும் புள்ளி முடிவுப்புள்ளியாகும்.

பீனல் அல்லது போரிக் அமிலம் போன்ற வீரியமற்ற அமிலங்களை எடுத்துக்கொள்ளும் போது கிடைக்கும் வரைபடம் (3) வது கோட்டைப்போல இருக்கும். ஒரு வீரியமற்ற காரத்திஞல் நடுநிலையாக்கிஞல், முடிவுப் புள்ளிக்கு மேலே கோடு AB படத்தில் காட்டியுள்ளது போல கிடையாக இருக்கிறது. இது காரத்தின் குறைந்த கடத்துதிறஞல் ஏற்படுகிறது.

மின் கடத்துத்தரம் பார்த்தல் வழக்கமாக சதாரண முறை தரம் பார்த்தலைச் செய்யமுடியாத நிலையில் பயன்படுத்தப் படுகிறது. எடுத்துக் காட்டாக கரைசல்கள் கலங்களாகவோ, நிறமுள்ளதாகவோ இருக்கும் போது நிறங்காட்டி முறையில் முடிவுப் புள்ளியைக் கண்டு பிடிக்கமுடியாது. அதே போல ஒரு வீரியமற்ற அமிலத்தையும் வீரியமற்ற காரத்தையும் தரம் பார்க்கும் போது முடிவுப் புள்ளியை மின்கடத்தித்தரம் பார்த்தலைத் தவிர, வேறெந்த முறையிலும் துல்லியமாகக் கண்டு பிடிக்க முடியாது. மின் கடத்தித்தரம் பார்த்தல் வீழ்படிவு வினைகளிலும், நீரின் கடினத் தன்மையைச் சோதிப்பதிலும், மண்ணிலுள்ள ஈர அளவைக் கண்டுபிடிப்பதிலும் பயன் படுத்தப்படுகிறது.

10. அயனிச் சமநிலைகள்

Ionic Equilibria

ஆஸ்ட்வால்ட் நீர்த்த பருமநிலைவிதி

அர்ரீனியஸின் கொள்கைப்படி ஒரு மின்பகு பொருளை நீரில் கரைத்தவுடன் அது தானகவே அயனிகளாகப் பிரிந்து விடுகிறது. பிரிகை வீதம் கரைசலின் செறிவையும் வெப்பநிலையையும் பொறுத்திருக்கிறது. கரைசலில் அயனிகளுக்கும் பிரிகையடையாத மின்பகுபொருள் மூலக்கூறுகளுக்கும் இடையில் ஒரு சமநிலை ஏற்படுகிறது. வெப்பநிலை மாருதவரை இச் சமநிலைமாருது.

அசெடிக் அமிலம் போன்ற ஒரு எளிதில் மின்பாகப் பொருளின் நீர்த்த கரைசலை எடுத்துக்கொண்டோமானல் அதில் அரைகுறையான அயனிப்பிரிகைதான் ஏற்பட்டு, பின்வரும் சமநிலை தோன்றும்.

$$CH_3 \cdot COOH \rightleftharpoons CH_3 \cdot COO^- + \cdot H^+$$

இது ஒரு மீள்வினையாதலால் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் இத்தகைய தொகுப்பிற்கு நிறைதாக்க விதியைப் பயன்படுத்தலாம். அப்போது.

$$K = \frac{[CH_3 \cdot COO^-]\,[H^+]}{[CH_3 \cdot COOH]} \qquad (2)$$

ஒரு கிராம் சமானஎடை அசெடிக் அமிலம் v லிட்டர் கரைசலில் இருக்கட்டும். கொடுக்கப்பட்ட வெப்பநிலையில் அசெடிக் அமிலத்தின் பிரிகை வீதம் $\propto$ என்க. அப்போது சமநிலையில் அசடேட் அயனியின் அளவு $= \propto$. ஹைட்ரஜன் அயனியின் அளவு $= \propto$.

எனவே பிரிகையடையாத அசெடிக் அமிலத்தின அளவு $= 1-\alpha$.

எனவே $[CH_3 \cdot COO^-] = \frac{\alpha}{v}$ மோல்கள்/லிட்டர்.

$[H^+] = \frac{\alpha}{v}$ மோல்கள்/லிட்டர்.

$[CH_3 \cdot COOH] = \frac{1-\alpha}{v}$ மோல்கள்/லிட்டர்.

இந்த மதிப்புகளை (1)ஆம் சமன்பாட்டில் பதிலீடு செய்தால்,

$$K = \left(\frac{\alpha}{v}\right)\left(\frac{\alpha}{v}\right) \Big/ \left(\frac{1-\alpha}{v}\right)$$

$$= \frac{\alpha}{(1-\alpha)v} \qquad (2)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டை இன்னொரு வடிவத்திலும் வருவிக்கலாம். $\alpha = \Lambda v/\Lambda\infty$. ஆதலால் (2)ஆம் சமன்பாட்டில் α-வுக்குப் பதிலாக $\Lambda v/\Lambda\infty$-ஐப் பதிலீடு செய்தால்,

$$K = \frac{(\Lambda v/\Lambda\infty)^2}{\left(1 - \frac{\Lambda v}{\Lambda\infty}\right)} = \frac{V^2 v}{v \times \Lambda\infty\,(\Lambda\infty - \Lambda v)} \qquad (3)$$

கொடுக்கப்பட்ட செறிவிலும் வெப்ப நிலையிலும் ஒரு மின்பகு பொருளுக்கான K, அயனிப் பிரிகை மாறிலி (Ionisation or Dissociation Constant) எனப்படும்.

(2) அல்லது (3) வது சமன்பாடு ஆஸ்வால்டின் நீர்த்த பருமநிலை விதி எனப்படும்.

எளிதில் மின்பாகப் பொருள்களின் நீர்த்த கரைசல்களுக்கு மேற்கண்ட விதியைப் பயன்படுத்தி, நீர்த்தல் அதிகரிக்கும் போது Kவும் அதிகரிக்கிறது எனவும் கொடுக்கப்பட்ட மின்பகு பொருளுக்கு வெப்பநிலை மாருமலிருக்கும் போது K யும் மாறிலியாயிருக்கிறது எனவும் காணப்பட்டுள்ளது. ஆஸ்வால்டின் விதியை எளிதில் மின்பாகப் பொருள்கள் பெரும்பாலும் பின்பற்றுகின்றன.

ஆஸ்ட்வால்டு விதியின் உண்மைப்பாடு

கனிம அமிலங்கள், காரங்கள் உப்புகள் போன்ற எளிதில் மின்பகுபொருள்களின் கரைசல்களின் சமநிலைக்கு ஆஸ்வால்டின் நீர்த்த பருமநிலை விதியைப் பயன்படுத்தும் போது, ஒரே மின்பகு பொருளுக்கு ஒரே வெப்பநிலையில் K மதிப்புகள் வெவ்வேறு நீர்த்தல்களுக்கு மாறுபடுகின்றன எனக்காணப்பட்டுள்ளது. எனவே இந்தவிதி எளிதில் மின்பகுபொருள்களின் கரைசல்களுக்குப் பொருந்தாது.

எளிதில் மின்பகு பொருள்களின் இந்த முரணியப்பண்பைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம்: சோடியம் குளோரைடு, பொட்டாசியம் குளோரைடு போன்ற எளிதில் மின்பகு பொருள்களின் அயனிகள் திடநிலையிலேயே நிலை மின் விசைகளால் ஒன்றுய்ப் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஆகவே இத்தகைய மின்பகு பொருள்கள் கரைசல்களில் முற்றிலுமாக அயனிப் பிரிகை அடைய வேண்டும். இத்தகைய கரைசல்களின் சமான கடத்து திறன் ஆகியவற்றில் ஏற்படும் மாற்றங்கள், மூலக்கூறுகளில் எதிர் எதிராக மின்னூட்டப்பட்டுள்ள அயனிகளுக்கிடையிலான நிலைமின் கவர்ச்சி விசையில் ஏற்படும் மாற்றங்களினுல் ஏற்படுகிறதேயொழிய அயனிச் செறிவுகளில் ஏற்படும் மாற்றங்களினுல் அல்ல. நிலைமின் கவர்ச்சியின் விளைவாக அரை குறையான அயனிப் பிரிகையே ஏற்படக்கூடும். அதிலும் முக்கியமாக செறிவு மிக்க கரைசல்களில் இவ்வாறு இருக்கும். ஆனுல் நீர்த்தல் மிக அதிகமாயிருக்கும்போது அயனிகளுக்கிடைலுள்ள நிலைமின் விசை குறைந்து, முழுமையான அயனிப் பிரிகை ஏற்பவதாக வைத்துக் கொள்ளலாம்.

இந்தக் குழப்பத்தை நீக்குவதற்காக அயனிப் பிரிகைவீதம் என்ற சொல்லிற்குப்பதிலாகக் கிளர்ச்சி (Activity) எனும் சொல் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

கிளர்ச்சிக் கருத்து (Activity Concept)

நிறைதாக்க விதியைச் சமச் சீர்மையுள்ள சமநிலை வினைகளுக்குப் பயன்படுத்தும்போது நிறைக்கிளர்வைக் (Mass action) குறிப்பதற்கு ஒரு லிட்டரிலுள்ள கிராம் மூலக்கூறு எடை செறிவாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. வாயுக்கள் சம்மந்தப்பட்ட வினைகளில் வாயிவின் பகுதியழுத்தம் செறிவை குறிப்பதாகக் கொள்ளலாம். ஆனுல் வாயு லட்சிய வாயுவாக $PV = RT$ எனும் சமன்பாட்டிற்குக் கீழ்படிவதாக இருக்கும்போதுதான்

இவ்வாறு செய்யமுடியும். மெய்யான வாயுக்கள் லட்சிய வாயுக்களாகச் செயல்படுவதில்லையாயினும் குறைந்த அழுத்தங்களில் லட்சிய நிலைக்கு அண்மையிலுள்ளதாகக் கொள்ளலாம். அதே விதமாக நிறைக்கிளர்வும் செறிவும் லட்சியக் கரைசல்களுக்கே சமமாக இருக்கும் எனக் கொள்ளலாம். ஆகவே சாதாரணக் கரைசல்களுக்கு நிறைக்கிளர்வையும் செறிவையும் சமமகக் கருதமுடியாது. நிறைதாக்க விதியினை மாற்றுவதைவிட அடர்வைக் குறிப்பதற்குக் கிளர்ச்சி (Activity) எனும் அளவை பயன்படுத்தலாம் என லெவிஸ் (Lewis) எனும் விஞ்ஞானி கூறினர். கிளர்ச்சி எனும் அளவு நிறைக்கிளர்வைச் சரி சமானமாகக் காட்டுமெனவும் நிறைதாக்க விதியில் பயன்படுத்தினல் சரியான முடிவுகள் கிடைக்கின்றன எனவும் அவர் கண்டார். கிளர்ச்சி என்பதை a எனவும் கிளர்ச்சி எண்ணை (Activity Coefficient) f எனவும், செறிவை c எனவும் கொண்டால், $a = f \times c$ எனும் சமன்பாடு கிடைக்கிறது. கிளர்ச்சி எண்ணின் மதிப்பு செறிவைப் பொருத்து மாறுகிறது. நிறைதாக்க விதியில் 'a' எனும் அளவை பயன்படுத்தவேண்டும். மோலார் செறிவுகளுக்கும் பதிலாகக் கிளர்ச்சிகளைப் பயன்படுத்தினல் ரசாயனச் சமநிலை மாறிலி உண்மையாகவே மாறிலியாகக் கிடைக்கிறது.

$AB \rightleftarrows A^+ + B^-$ எனும் அயனிகளின் சமநிலை வினையை எடுத்துக் கொண்டால்

$$K_A = \frac{a_{A^+} \cdot a_{B^-}}{a_{AB}} = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]} \cdot \frac{f_{A^+} \cdot f_{B^-}}{f_{AB}}$$

என்ற சமன்பாடு கிடைக்கிறது. வலப்புறமுள்ள சதுர அடைப்புக் குறிகள் மோலோர் செறிவுகளைக் காட்டுகின்றன. கிளர்ச்சி எண்களைக் கரைசலின் செறிவு கணிசமாக இருக்கும் போது புறக்கணித்துவிட முடியாது.

ஒரு கரைசல் லட்சிய நிலையைவிட்டு விலகி நிற்கும் அளவைக் கிளர்ச்சி எண் குறிப்பிடுகிறது. $a = f \cdot c$ அல்லது $= \frac{a}{c}$.

இச்சமன்பாட்டின்படி ஒரு லட்சிய நிலைக் கரைசலின் 'f' மதிப்பு ஒன்ருகும். லட்சிய நிலையைவிட்டு விலகியிருக்கும் கரைசல்களுக்கு 'f' மதிப்பு ஒன்ருயிராது. நீர்த்தல் அளவு பெருகும்போது கரைசல் லட்சிய நிலையை அணுகும். அதே நேரத்தில் 'f' மதிப்பு ஒன்றை அணுகும். இவற்றைக் கணித

முறையில் காட்டினுல் $c \longrightarrow o$ ஆனுல் $a \longrightarrow c$ அப்போது $f \longrightarrow 1$.

அதாவது கரைசலின் நீர்த்த பருமம் கூடும்போது கிளர்ச்சி மோலார் செறிவை அணுகும்.

ஆஸ்ட்வால்டு விதியின் பயன்கள்

(a) ஆஸ்ட்வால்டின் நீர்த்த பரும நிலை விதியைப் பயன் படுத்தி எந்த ஒரு செறிவிற்கும் எளிதில் மின்பகாப் பொருள் களின் பிரிகை மாறிலி சாதாரண 10^{-4} அளவிலோ, அதற்கும் குறைவாகவோ இருக்குமாதலால் α மதிப்பும் ஒரு குறிப்பிட்ட நீர்த்தலுக்குச் சிறியதாகவோ இருக்கும். ஒன்றேடு ஒப்பிடுகை யில் அது மிக அற்பமாக இருக்கலாம். அத்தகைய நிலையில் $K = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)v}$ எனும் சமன்பாட்டை $K = \frac{\alpha^2}{v}$ என எழுத லாம். அல்லது $\alpha^2 = Kv$ அல்லது $\alpha = \sqrt{Kv}$. $\alpha = \sqrt{Kv}$ எனும் சமன்பாட்டிலிருந்து பிரிகை வீதத்தைக் கணக்கிடலாம். இதில் K என்பது பிரிகை மாறிலி, v என்பது ஒரு கிராம் மூலக் கூறு மின்பகு பொருள் கரைந்துள்ள கரைசலின் லிட்டர் பருமம்.

α புறக்கணிக்க முடியாததாக இருப்பின்,

$$\alpha = \sqrt{Kv + \frac{(Kv)^2}{4}} - \frac{Kv}{2}.$$

(b) எல்லா அமிலங்களும் கரையும்போது ஹைட்ரஜன் அயனிகளை உண்டாக்குகின்றன. எனவே அமிலங்களின் பொது வான பண்புகள் ஹைட்ரஜன் அயனிகளால் ஏற்படுபவை. ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவு அதிகமானுல் அமிலக் குணங் களும் வலுவாக இருக்கும். ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவு குறிப்பிட்ட நீர்த்தலுக்கு அயனிப் பிரிகை வீதத்தைப் பொறுத் திருக்கும். எனவே ஒரு அமிலத்தின் அயனிப் பிரிகை வீதத்தைக் கொண்டு அமிலத்தின் வீரியத்தை அளக்கலாம்.

(c) ஒரு வீரியமற்ற இரட்டை அமிலத்திற்கு (Binary Acid) அயனிப்பிரிகை மாறிலி Kயின் மதிப்பைத் தெரிந்தால் ஹைட்ர ஜன் அயனிச் செறிவைக் கணக்கிடலாம். HA எனும் வீரியமற்ற அமிலம் பிரிகையடையும்போது,

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

நிறைதாக்க விதியின்படி, $K = \frac{[H^+]\,[A^-]}{[HA]}$

அல்லது $K\,[HA] = [H^+]\,[A^-]$

வீரியமற்ற அமிலத்தின் விஷயத்தில் பிரிகையடைந்த மூலக் கூறுகளின் எண்ணிக்கையோடு ஒப்பிடுகையில் பிரிகையடை யாத மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை மிகப் பெரியதாக இருக்கு மாதலால் அமிலத்தின் நிறைக்கிளர்வு (Active Mass) ஒரு மாறிலி எனவே கொள்ளலாம். அதனால் பெரும் பிழை ஏற்பட்டு விடாது.

எனவே $K = [H^+]\,[H^-]$.

இது ஒரு இரட்டை அமிலமாகையால் ஒவ்வொரு மூலக் கூறும் ஒரு H^+ அயனியையும் ஒரு A^- அயனியையும் உண்டாக் கும். எனவே சமநிலையில் H^+ அயனிகளும் சம எண்ணிக்கை யிலிருக்க வேண்டும்.

எனவே $[H^+] = [A^-]$.

ஆகவே $K = [H^+]\,[H^+] = [H^+]^2$.

அல்லது $[H^+] = \sqrt{K}$.

இதேபோல ஒரு வீரியமற்ற இரட்டைக்காரத்தில் OH^- அயனியின் செறிவைக் கணக்கிடலாம்.

கரைதிறன் பெருக்கமும் பொது அயனி விளைவும்
(Solubility Product and Common Ion Effect).

ஒரு மின்பகு பொருளின் தெவிட்டிய கரைசலில் இரு சம நிலைகள் உள்ளன. அவையாவன (1) கரைசலில் கரையாத மின்பகு பொருளுக்கும், பிரிகையடையாத மூலக்கூறுகளுக்கு மிடையிலுள்ள சமநிலை (2) கரைசலில் பிரிகையடையாத மூலக் கூறுகளுக்கும் கரைசலிலுள்ள அயனிகளுக்குமிடையிலுள்ள சம நிலை. இவ்வாறு AB எனும் மின்பகு பொருளுக்கு,

(1) $AB \rightleftharpoons AB$

(கரையாதது) (கரைசலில் பிரிகையடையாதது)

(2) $AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$.

(கரைசலில் பிரிகையடைாதது)

கரைசலில் பிரிகையடையாதது.

(1)ல் உள்ளபடி, ABயின் செறிவு தெவிட்டிய நிலையை விடக் குறைக்கப்பட்டால், இன்னும் சிறிது கரைபொருள் கரைந்து சமநிலையை மீண்டும் ஏற்படுத்தும். ஆனால் தெவிட்டிய கரைசலில் ஒரு பகுதியை ஆவியாக்கிவிட்டால் ABயின் செறிவு அதிகமாகும். அதன் விளைவாக சிறிது கரை பொருள் கரைசலிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்டு சமநிலை மீண்டும் ஏற்படுத்தப் படும்.

இப்போது (2) சமநிலையைக் கவனிப்போம். வெப்பநிலை மாருமலிருந்தால், கரைசலில் பிரிகையடையாமலிருக்கின்ற மூலக்கூறுகளின் நிறைக்கிளர்வு மாருமலிருக்கும். ஏனெனில் அவை தெவிட்டிய நிலையிலுள்ள கரைசலிலுள்ள கரையாத பொருளுடன் சமநிலையிலிருக்கின்றன. நிறைதாக்க விதியைப் பயன்படுத்தினுல் $K = \frac{[A^+]\ [B^-]}{[AB]}$.

இதில் [AB] பிரிகையடையாத மின்பகு பொருளின் கரைசலின் நிறைக்கிளர்வைக் குறிக்கிறது. இச்சமன்பாட்டைப் பின்வருமாறு மாற்றியமைக்கலாம்.

$K\ [AB] = [A^+]\ [B^-]$.

Kயும் [AB]யும் மாறிலிகளானதால்,

$K\ [AB] = K_s = [A^+]\ [B^-]$

அல்லது $K_s = [A^+]\ [B^-]$ என எழுதலாம்.

K_s என்றும் மாறிலி கரைசலின் கரைதிறன் பெருக்க மாறிலி (Solubility Product Constant) எனப்படும். பொதுவாக $A_n B_m$ எனும் பொது வாய்ப்பாடுள்ள எந்த ஒரு மின்பகு பொருளும் அதன் தெவிட்டிய கரைசலோடு தொடர்பு கொண்டிருக்கும் போது, கரைசலிலுள்ள திடப்பொருளுக்கும் அயனிகளுக்கும் உள்ள சமநிலை பின்வருமாறு :

$$A_n B_m \rightleftharpoons n\,A^+ + m\,B^-$$

அதன் கரைதிறன் பெருக்க மாறிலி $K_s = [A^+]^n\ [B^-]^m$.

அதாவது ஒரு தெவிட்டிய கரைசலில் தக்க மடிகளுக்கு உயர்த்தப்பட்ட அயனிச் செறிவுகளின் பெருக்குத் தொகை வெப்பநிலை மாருதபோது, ஒரு மாறிலியாக இருக்க வேண்டும்.

கரைதிறன் பெருக்கத் தத்துவத்தின்படி ஒரு தெவிட்டிய கரைசலில் உள்ள ஏதாவது ஒரு அயனியின் செறிவு அதிக மானால் கரைதிறன் பெருக்கத்தைவிட அயனிச் செறிவுகளின் பெருக்குத்தொகை அதிகமாகும். அதன் விளைவாக சமநிலை பாதிக்கப்பட்டுவிடும். அப்போது மிகு தெவிட்டல்நிலை ஏற் படாத வரையில், சமநிலையை ஏற்படுத்துவதற்காக சிறிதளவு திடப்பொருள் வீழ்படிவாகும். இதேபோல வாதித்து பொருளின் கரைதிறன் பெருக்க மாறிலியைவிட அயனிச் செறிவுகளின் பெருக்குத் தொகை குறைவாயிருந்தால் மேலும் சிறிது கரை பொருள் கரையும் என்ற முடிவைப் பெறலாம்.

கரைதிறன் பெருக்கத் தத்துவம் வெள்ளி குளோரைடு போன்ற அரை குறையாகக் கரையும் உப்புகளின் தெவிட்டிய கரைசல்களுக்கு மட்டுமே பொருந்தும். ஆனாலும் இதை பண் பறி முறையில் ஆய்வு ரசாயனத்தில் (Analytical Chemistry) பற்பல வீழ்படிவு வினைகளுக்குப் பயன்படுத்தலாம்.

ஒரு பொருள் கரைசலிலிருந்து வீழ்படிவாக வேண்டுமானால் அதன் கரைதிறன் பெருக்கத்தைவிட அயனிச் செறிவுகளின் பெருக்குத் தொகை அதிகமாக வேண்டும். வீழ்படிவாக்கப்பட வேண்டிய பொருளோடு பொது அயனி உள்ள ஒரு மின்பகு பொருளையோ அல்லது வினைபடு பொருள்களில் ஒன்றையோ சேர்த்துக் கரைசலிலுள்ள ஏதாவது ஒரு அயனியின் செறிவை அதிகரிப்பதன் மூலம் இதை நிறைவேற்றலாம். எடுத்துக் காட்டாக சோடியம் குளோரைடு அல்லது பொட்டாசியம் குளோரைடின் தெவிட்டிய கரைசலை எடுத்துக் கொள்வோம். அதிலும் ஹைட்ரஜன் குளோரைடிலும் உள்ள பொதுவான அயனி குளோரைடு அயனியாகும். எனவே இக்கரைசல்களின் வழியாக, ஹைட்ரஜன் குளோரைடு வாயுவைச் செலுத்தினால் சோடியம் குளோரைடு அல்லது பொட்டாசியம் குளோரைடு வீழ்படிவாகும். இந்த நிகழ்ச்சி பொது அயனி விளைவு (Common Ion Effect) எனப்படும்.

உடலில் பாதரச குளோரைடு விஷம் கலந்து விட்டதாகச் சந்தேகப்படும்போது நச்சுத் தன்மையுள்ள பாதரச அயனிகளை வெளியேற்றுவதற்காக இந்த விளைவு பயன்படுத்தப்படுகிறது. சோடியம் குளோரைடின் தெவிட்டிய கரைசலை நிறைய உட் செலுத்தினால் ஏராளமான அளவில் அதில் உள்ள குளோரைடு அயனிகள் அவ்வளவாக அயனிப் பிரிகை அடையாத பாதரச குளோரைடு மூலக்கூறுகளை உருவாகச் செய்கின்றன. அதனால் நச்சு விளைவு கணிசமாகக் குறைக்கப்படுகிறது.

$$\text{இதில் } HgCl_2 \rightleftharpoons Hg^{++} + 2\,Cl^-$$

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

எனும் சமநிலைகளிலிருக்கும். குளோரைடு அயனி ஏராளமாக இருப்பதால் முதல் சமநிலையின் எதிர்திசை வினை தூண்டப்படும். அதாவது பாதரச குளோரைடு அயனியாவது அடக்கப்படும். நிறைதாக்க விதியின் படியும் இதே முடிவைப் பெறலாம். மிகக் குறைவாகக் கரையும் உப்புகளின் கரைதிறன்கள் மின்கடத்தல் முறைகளில் கண்டுபிடிக்கப்படுகின்றன.

சோப்பைத் தூய சோடியம் ஸ்டீரேட் எனக் கொண்டால் அதை வர்த்தக முறையில் தயாரிக்கும்போது திடசோடியம் குளோரைடை சோப்புக் கரைசலில் கரைத்து சோப்பை வீழ்படிவாக்குவார்கள். சோடிய அயனிகளைக் கரைசலில் சேர்ப்பதனுல் $[Na^+]$ $[St^-]$-ன் மதிப்பு கூடிக்கொண்டே போய் Ks-ன் மதிப்பைத் தாண்டிவிடும். மேலும் உப்பை, அதாவது சோடிய அயனிகளைக் கலந்தால் சோப்பு வீழ்படிவாகப்படியும். இம்முறை உப்பினுல் சோப்பை வெளியேற்றல் (Salting out the soap) எனப்படும்.

நீரின் பிரிகை அளவு (Ionisation of water)

நீர் அயனிகளாகப் பிரிவதைப் பற்றி முன்னர் கண்டோம். நீரை 42 முறை காய்ச்சி வடித்து அதன் நியம மின்கடத்து திறனைக் கோல்ராஷ் எனும் விஞ்ஞானி அளந்தறிந்தார் எனக் குறிப்பிட்டோம். ஆகவே நீரிலுள்ள அயனிகளினுல் நீர் மின் கடத்து திறன் உள்ளதாயிருக்கிறது எனத் தெரிகிறது. இதைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினுல் குறிப்பிடலாம்.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

$$\text{நிறைதாக்க விதியின்படி } \frac{[H^+]\,[OH^-]}{[H_2O]} = \text{மாறிலி.}$$

$$\text{அல்லது } [H^+]\,[OH^-] = K \cdot H_2O.$$

நீர் மிகக் குறைந்த அளவில் பிரிகை புரிந்திருப்பதால் பிரிகை புரியாத நீரின் அடர்வை மாறுத அளவாக எடுத்துக் கொள்ளலாம். அதாவது $[H_2O]$ = மாறிலி. எனவே ஒரு மாறிலி வெப்பநிலையில் $[H^+]\,[OH^-] = H_w$.

Kw என்பது நீரின் அயனிப் பெருக்க மாறிலி எனப்படும்.

ஒரு நீர் மூலக்கூறு பிரிகையடையும் போது ஹைட்ரஜன் அயனியும் ஒரு ஹைட்ராக்சில் அயனியும் கிடைக்கின்றன. ஆகவே தூய நீரில் அவ்விரு அயனிகளின் அடர்வுகள் சமமாக இருக்க வேண்டும். சோதனையில் கண்டபடி $[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}$ கிராம் அயனி/லிட்டர் எனத் தெரிகிறது.

எனவே 25°C வெப்பநிலையில் $Kw = 1 \times 10^{-14}$. ஒரு கரைசலில் ஹைட்ரஜன் அயனியின் அடர்வு 10^{-7} கிராம் அயனி/லிட்டர் அளவுக்கு மேலேயிருந்தால் அது அமிலமெனவும், அதற்குறைவாயிருந்தால் அது காரம் எனவும் கூறுகிறோம். நடுநிலையில்தான் இரு அயனிகளின் அடர்வுகளும் சமமாயுள்ளன.

அமிலத்தை அல்லது காரத்தை நீரில் கரைத்து அதன் ஹைட்ரஜன் அயனி அல்லது ஹைட்ராக்சைடு அயனியின் அடர்வை எவ்வளவுதான் மாற்றினாலும் திட்டமான வெப்பநிலையில் நீரின் அயனிப் பெருக்கத்தின் மதிப்பு மாறாது என்பதை நினைவில் கொள்ளவேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டாக N ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தில் ஹைட்ரஜன் அயனியின் அடர்வு 1 கிராம் அயனி/லிட்டர். N சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு காரக் கரைசலில் ஹைட்ரஜன் அயனியின் அடர்வு 10^{-14} கிராம் அயனி/லிட்டர் ஆகும்.

ஆகவே எல்லா நீர்க் கரைசல்களிலும் நீரின் அயனிப் பெருக்கம் $Kw = 10^{-14}$ ஆதலால், அக்கரைசலுக்கு $[H^+]$ அல்லது $[OH^-]$. இவற்றில் ஒன்றின் மதிப்பு தெரிந்திருந்தால் மற்றதைக் கணக்கிடலாம்.

அமிலங்களும் காரங்களும்

நீரில் கரையும்போது அயனிகளாகப் பிரிகின்ற பொருள்களை மின்பகு பொருள்கள் என்கிறோம். அமிலங்கள், காரங்கள், உப்புகள் ஆகியவை இவற்றில் அடங்கும். நீரில் கரையும் போது ஹைட்ரஜன் (H^+) அயனிகளை வெளியிடுபவற்றை அமிலங்கள் எனவும், ஹைட்ராக்சில் (OH^-) அயனிகளை வெளியிடுபவற்றைக் காரங்கள் எனவும் அழைக்கிறோம். நீரற்ற ஹைட்ரஜன் குளோரைடை நீரற்ற பென்சீன் அல்லது டாலுயினில் கரைத்தால், அமிலப் பண்புகள் தென்படுவதில்லை. ஆனால் அக்கரைசலில் ஒரு சொட்டு நீரைச் சேர்த்து விட்டால்

அது ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தின் பண்புகளைப் பெற்று விடுகிறது. மேற்கண்டவற்றிலிருந்து அமிலப் பண்புகளும் காரப் பண்புகளும் நீருடன் தொடர்பு கொண்டவை என்பது தெளிவாகிறது. எனவே அமிலங்களையும் காரங்களையும் பற்றிய மேற்கண்ட வரையறைகள் நீர்க் கரைசல்களுக்கு மட்டுமே பொருந்துகின்றன. வேறு கரைப்பான்களின் கரைசல்களுக்குப் பொருந்துவதில்லை.

எனவே ப்ரோன்ஸ்டட், லவுரி ஆகியோர் அமிலம் என்பது ஒரு புரோட்டானை இழக்கும் நாட்டமுள்ள பொருள் எனவும், காரம் என்பது ஒரு புரோட்டானைக் கவரும் நாட்டமுள்ள பொருள் எனவும் வரையறுத்தார்கள்.

மேற்கண்ட வரையறையின்படி ஓர் அமிலம் ஒரு புரோட்டானை இழந்து விட்டால், மீதியுள்ள பகுதி அந்தப் புரோட்டானைத் திரும்ப மீட்டுக் கொள்வதில் நாட்டமுள்ளதாக இருக்கிறது. எனவே அது ஒரு காரமாக இருக்க வேண்டும். எனவே ஒவ்வொரு அமிலத்திற்கும் ஒத்த ஒரு காரம் உள்ளது. அதில் அமிலத்தைவிட ஒரு புரோட்டான் குறைவாக இருக்கும். இத்தகைய ஒரு அமிலமும் காரமும் பரிமாற்று இரட்டைகள் (Conjugate pair) எனப்படும். காரம் அமிலத்தின் பரிமாற்று பொருள் எனப்படும். அதைப் பின்வருமாறு குறிக்கலாம்.

$$\text{அமிலம்} \rightleftharpoons \text{புரோட்டான்} + \text{காரம்}.$$

$$A \rightleftharpoons H^+ + B.$$

அதே போல காரங்களுக்கும் பரிமாற்று அமிலங்கள் உண்டு.

$$\text{காரம்} + \text{புரோட்டான்} \rightleftharpoons \text{அமிலம்}.$$

$$B + H^+ \rightleftharpoons A.$$

ஆனால் ஒரு புரோட்டான் கரைசலில் தனித்து இருக்க முடியாது. அது கரைப்பானின் மூலக்கூறுடன் சேர்ந்தே இருக்கும். ஒரு நீர்க் கரைசலில்

$$H^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+.$$

H_3O^+ என்பது ஹைட்ரோனியம் அல்லது ஹைட்ராக் சோனியம் அயனி எனப்படும். சௌகரியத்திற்காக H_3O^+ எப்போதும் H_+ எனவும் குறிகக்ப்படுவது வழக்கம்.

மேலே கண்டவற்றிலிருந்து ஒரு அமிலம் தனது அமிலப் பண்புகளைக் வெளிக்காட்ட வேண்டுமானுல், கரைப்பான் ஒரு புரோட்டானை ஏற்றுக்கொள்ளக் கூடியதாக இருக்கவேண்டும் என்பது புலப்படுகிறது. அதாவது கரைப்பான் காரப் பண்பு களை உடையதாக இருக்கவேண்டும். நீர் காரப் பண்புகளையும், அமிலப் பண்புகளையும் காட்டக்கூடிய ஈரியல்புப் பொருளாகை யால், அதில் கரைக்கப்படும் அமிலங்களும், காரங்களும் தத்தம் தனிப் பண்புகளுள்ள கரைசல்களை உண்டாக்குகின்றன. இவ்வாறு ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலம் நீரில் கரைந்து அயனிப் பிரிகையடைவதைப் பின்வருமாறு காட்டலாம்.

$$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^+$$

(அமிலம்) (காரப் பண்புள்ள கரைப்பான்) (அமிலம்) (காரம்).

வீரிய அமிலமான ஹைட்ரோக் குளோரிக் அமிலம், புரோட்டானை எளிதாக இழந்துவிடுகிறது. அதன் பரிமாற்றுக் காரமான குளோரைடு அயனி (*cl*) புரோட்டானை எளிதில் ஏற்றுக் கொள்வதில்லை. எனவே முன்னேக்கு வினை வலுவுள்ள தாயிருக்கிறது. பொதுவாக ஒரு அமிலத்தின் நேர்மின்வாய் அயனி அதன் பரிமாற்றுக் காரமாகும். மேலும் ஒரு வீரிய அமிலத்தின் பரிமாற்றுக் காரம் வீரியமற்றதாயும் வீரியமற்ற அமிலத்தின் பரிமாற்றுக் காரம் வீரியமுள்ளதாயுமிருக்கும். இதை விளக்குவதற்காக அசெடிக் அமிலம் அயனிப் பிரிகை யாவதைப் பார்க்கலாம்.

$$CH_8\ COOH + H_2O \rightleftharpoons H_8O^+ + CH_8\ COO^-$$

அசெடிக் அமிலம் நீரில் சிறிதளவே பிரிகையடையும். ஏனெனில் அசெடிக் அமிலத்தின் பரிமாற்றுக் காரமான அசடேட் அயனி ($CH_3\ COO^-$) ஒரு வீரியமுள்ள காரம். அது புரோட்டானை எளிதாக ஏற்றுக் கொள்ளும். எனவே இங்கு பின்னேக்கு வினை வலுவாக அமைந்து, அயனிப் பிரிகை அடக்கப்படுகிறது.

பொதுவாக ஒரு அமிலமும் (ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலம்) காரமும் (நீர்) வினை புரியும்போது காரத்திற்குப் பரிமாற்றுப்

பொருளான ஒரு அமிலமும் (H_3O^+) அமிலத்திற்குப் பரிமாற்றுப் பொருளான ஒரு காரமும் (cl^-) தோன்றுகின்றன. எல்லாவித மான அமில-கார வினைகளையும் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\text{அமிலம் I} + \text{காரம் II} \rightleftharpoons \text{அமிலம் II} + \text{காரம் I}.$$

இங்கு அமிலம் I, காரம் II ஆகியவை ஒரு தொகுப்பின் பரிமாற்று அமிலமும் காரமும் ஆகும். அமிலம் II, காரம் I ஆகியவை மற்ற தொகுப்பின் பரிமாற்று அமிலமும் காரமும் ஆகும். ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலக் கரைசலில் அயனிப் பிரிகை ஏற்படுகையில், நீர் இரண்டாவது தொகுப்பாகும். அமிலம் I லிருந்து காரம் II க்கு புரோட்டான் மாற்றப்படுவது முன்னேக்கு வினைக்கு வலுவூட்டுகிறது. அமிலம் II லிருந்து காரம் I க்குப் புரோட்டான் மாற்றப்படுவது பின்னேக்கு வினைக்கு வலுவூட்டுகிறது.

அமிலங்களின் ஒப்பீடு வீரியங்கள் (Relative Strengths)

அமிலத்தைத் தண்ணீரில் கரைத்தால் ஹைட்ரஜன் அயனிகள் மட்டுமே நேர் அயனிகளாக வருகின்றன. எனவே ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலம் போன்ற ஒரு அமிலம் அசெடிக் அமிலத்தைவிட அதிக அளவில் அயனிப் பிரிகையடைவதால் அது அவ்விரண்டில் வீரியம் மிக்கது என்று சொல்லலாம். ஆனல் இந்த மாதிரி சொல்வது எப்போதும் சரியாயிருப்பதில்லை. இரு அமிலங்களின் வீரியங்களை ஒப்பிடும்போது ஒரே மாதிரி யான பௌதிகச் சூழ்நிலைகளில் அவற்றை ஒரே காரத்துடன் இணையச் செய்யவேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு கிராம் சமான எடை சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு உள்ள கரைசலை ஒரு கிராம் சமான எடை கந்தக அமிலம் உள்ள கரைசலோடும், ஒரு கிராம் சமான எடை ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலமுள்ள கரைசலோடும் கலந்தால் இரு அமிலங்களும் ஒரே மாதிரியான சூழ்நிலையில் ஒரே காரத்துடன் இணைகின்றன. இவற்றில் வீரிய மிக்க அமிலம் மற்றதைவிட அதிகமான அளவுள்ள காரத்துடன் இணையும்.

ஆனல் கலவையைப் பகுத்தாராய்வதன் மூலம் இரு அமிலங்களோடும் இணைந்த காரத்தின் அளவுகளைக் கண்டு பிடிப்பது முடியாத காரியம். ரசாயனப் பகுப்பாய்வு கலவையின் சமநிலையைக் கெடுத்துவிடும். நடுநிலையாக்கல் வெப்பத்தை அளப்பதன் மூலம் கலவையின் சமநிலையைக் கெடுக்காமல் இதைச் செய்யலாம். மேலும் அமிலத்தின் வீரியம்

என்பது அதன் கரைசலில் உள்ள ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவினால் ஏற்படுவதாகையால், சமான அளவு செறிவுள்ள அமிலக் கரைசல்களில் ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவைக் கண்டு பிடித்துவிடலாம். இம்முறை காரங்களுக்கும் பயன்படும்.

வீரியம் குறைந்த அமிலங்கள் அல்லது காரங்களின் வீரியங்களை ஒப்பிடுவதற்கு அவற்றின் அயனிப் பிரிகை மாறிலிகளையும் பயன்படுத்தலாம்.

வீரியம் குறைந்த அமிலங்களின் அயனிப் பிரிகை மாறிலி

HA எனும் வீரியம் குறைந்த அமிலத்தை நீரில் கரைத்தால் அது பின்வருமாறு பிரிகையடையும்.

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-.$$

எனவே சமநிலையில் அமிலத்தின் பிரிகை மாறிலி.

$$Ka = \frac{H_3O^+] [A^-]}{[HA]} .$$

அமிலத்தின் பிரிகை வீதம் $\propto$ எனில் ஆஸ்ட்வால்டின் நீர்த்த பருமநிலை விதியின்படி $Ka = \frac{\propto_2}{(1-\propto) v}$

இதில் v என்பது ஒரு கிராம் சமான எடை அமிலமுள்ள கரைசலின் லிட்டர் பருமம்.

வீரியம் குறைந்த காரங்களின் அயனிப் பிரிகை மாறிலி

ஒரு வீரியம் குறைந்த காரத்தை (B) நீரில் கரைத்தால் அது பின்வருமாறு பிரிகையடையும்.

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

எனவே சமநிலையில் காரத்தின் அயனிப் பிரிகை மாறிலி,

$$Ke = \frac{[BH^+] [OH^-]}{B}$$

ஆஸ்ட் வால்டின் விதியின்படி $K_l = \frac{\propto,}{(1-\propto) v}$

இதில் $\propto$ என்பது காரத்தின் அயனிப் பிரிகை வீதம் v என்பது ஒரு கிராம் சமான எடை காரமுள்ள கரைசலின் லிட்டர் பருமம்.

பன்மைக்கார அமிலங்களின் (Poly basic Acids) அயனிப்பிரிகை

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஹைட்ரஜன் அணுக்களை இழக்கக் கூடிய அமிலம் பன்மைக்கார அமிலம் எனப்படும். அதாவது கரைசலிலுள்ள இரட்டைக்கார (dibasic) அமிலம் இரு ஹைட்ரஜன் அயனிகளை விட்டுவிடக்கூடும். ஒரு வீரியமற்ற இரட்டைக்கார அமிலம் நீரில் கரையும்போது இரு ஹைட்ரஜன் அணுக்களையும் எளிதில் விட்டுவிடாது. அது இரு கட்டங்களில் அயனிப் பிரிகை அடைகிறது எனக் கூறலாம். எடுத்துக் காட்டாக சக்சினிக் அமிலம் பின்வருமாறு இரு கட்டங்களில் அயனிப் பிரிகையடைகிறது.

$$(1)\quad \begin{array}{l} CH_2COOH \\ | \\ CH_2COOH \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{l} CH_2COO^- \\ | \\ CH_2COOH \end{array} + H^+$$

$$(2)\quad \begin{array}{l} CH_2COO^- \\ | \\ CH_2COOH \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{l} CH_2COO^- \\ | \\ CH_2COO^- \end{array} + H^+$$

பொதுவாக ஒரு வீரியமற்ற இரட்டைக்காரத்தை H_2A எனக் குறித்தோமானால் இரு சமநிலைகளையும் பின்வருமாறு காட்டலாம்.

$$(1)\quad H_2A \rightleftharpoons HA^- + H^+$$

$$(2)\quad HA^- \rightleftharpoons A^- + H^+$$

இது ஒரு எளிதில் மின்பகாப் பொருள் ஆதலால் நிறைதாக்க விதியை இரு சம நிலைகளுக்கும் பயன்படுத்தலாம்.

$$(1)\quad K_1 = \frac{[HA^-][H^+]}{[H_2A]}$$

$$(2)\quad K_2 = \frac{[A^-][H^+]}{[HA^-]}$$

மேலே காணும் (2)ம் வகையில் HA^- அயனி ஒரு வீரிய மற்ற அமிலத்தைப் போல நடந்து கொள்கிறது.

பொதுவாக ஒரு குறிப்பிட்ட நீர்த்தலில் முதல் அயனிப் பிரிகைக்கான மாறிலி K_1, இரண்டாவது பிரிகைக்கான மாறிலி K_2-வைவிட அதிகமாக இருப்பது காணப்படுகிறது. இரண்டாவது அயனிப் பிரிகை முதலாவதைவிட மிகக் குறைவான அளவில் ஏற்படுவதையே இது காட்டுகிறது. எனவே அதிகமான நீர்த்தலில்கூட எல்லா ஹைட்ரஜன் அயனிகளும் முதல் அயனிப் பிரிகையின்போது தோன்றியவையாக இருக்கக்கூடும். எனவே அயனிப் பிரிகைப் பொருத்த வரையிலும் ஒரு பன்மைக் கார அமிலம், ஒற்றைக் கார அமிலத்தைப் போலவே நடந்து கொள்ளலாம்.

ஒரு வீரியமற்ற முக்கார அமிலத்திற்கு (Tribaric Acid) எடுத்துக்காட்டாக பாஸ்பரிக் அமிலம் (H_3PO_4) அயனிப் பிரிகை மூன்று கட்டங்களில் நிகழ்கிறது. அவற்றின் சமநிலைகள் வருமாறு :

$$(1)\ H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$$

$$(2)\ H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^- + HPO_4^{--}$$

$$(3)\ HPO_4^{---} \rightleftharpoons H^- + PO_4^{---}$$

இதற்கும் நிறைதாக்க விதியைப் பயன்படுத்தலாம். முதல், இரண்டாவது பாஸ்பேட்டுகள் இரத்தத்தில் சேர்ந்துள்ள முக்கியமான தாங்கள் தொகுப்புகளாகும் (Buffer System). தாங்கல் கரைசல்கள் அமிலத் தன்மையை அல்லது காரத் தன்மையைப் பராமரிப்பவை எனச் சொல்லலாம். சிறிய அமிலத்தை அல்லது காரத்தைக் கலந்தால் அக்கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு மாறுவதில்லை.

11. நடுநிலையாக்கலும் நீரால் பகுப்பு வீதமும்
(Neutralisation and Hydrolysis)

நடுநிலையாக்கல்

ஒரு அமிலத்தை நீரில் கரைத்தால் ஹைட்ரஜன் அயனிகளை மட்டுமே நேர் அயனிகளாக வெளியாக்குகிறது. எனவே ஒரு அமிலத்தின் பண்புகள் ஹைட்ரஜன் அயனியின் பண்புகளே. அதேபோல காரம், ஹைட்ராக்சில் அயனிகளின் பண்புகளையே பெற்றிருக்கிறது.

ஹைட்ரோகுளோரிக், கந்தக, நைட்ரிக் அமிலங்கள் போன்ற ஒரு வீரிய அமிலத்தின் ஒரு கிராம் சமான எடையை, சோடியம் அல்லது பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு போன்ற வீரிய காரத்தின் ஒரு கிராம் சமான எடையுடன் சேர்த்தால் ஒரு உப்பும், நீரும் உண்டாகின்றன. அக்கரைசல் நடுநிலையிலிருப்பதாகச் சொல்லப்படும். அதாவது அது அமிலத் தன்மையோ காரத்தன்மையோ பெற்றதல்ல. இந்த செயல் முறை நடுநிலையாக்கல் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம், சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு ஆகியவற்றின் சமான எடைகளைக் கலந்தால் சோடியம் குளோரைடும் நீரும் கிடைக்கின்றன.

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O.$$

அமிலங்கள், காரங்கள், உப்புகள் ஆகியவை நீரில்கரையும் போது அயனிகளாகப் பிரிகின்றன. நீர் அவ்வளவாக அயனிப் பிரிகின்றன. நீர் அவ்வளவாக அயனிப்பிரிகை அடையாதாகையால் இந்த வினையைப் பின்வருமாறு எழுதாம்.

$$(H^+ + Cl^-) + (Na^+ + H^-) \longrightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$$

Na^+ அயனிகளும் Cl^- அயனிகளும் நடுநிலையாகக்கலில் பங்கு பெறுவதில்லை. அவை வினைக்கு முன்னரும் பின்னரும் கரை

சலில் சுயேட்சையாகவே உள்ளன. எனவே நடுநிலை என்பது அமிலத்தின் ஹைட்ரஜன் அயனிகளும் காரத்தின் ஹைட்ராக்சில் அயனிகளும் இணைந்து அயனிப்பிரிகை அடையாத நீர் உண்டாவதேயாகும். எனவே நடுநிலையாக்கலில் மொத்தத்தில் நிகழ்ந்த மாற்றத்தைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$H^+ + HO^- \longrightarrow H_2O.$$

வீரிய அமிலங்களுக்கும் வீரிய காரங்களுக்கும் உள்ள நடுநிலையாக்கல் வெப்பம் 13·7 கிலோ கலேரிகள் எனும் ஒரு மாறிலியாயுள்ளது என்றும் உண்மை மேற்கூறிய கூற்றுக்குச் சான்றுகும்: நாபு காணுகின்ற நடுநிலையாக்கல் வெப்பம் என்பது H^+ அயனிகளும் OH^- அயனியும் சேரும் போது உண்டாகிற விணை வெப்பமேயாகும் என்பது தெளிவு.

நீரால் பகுப்பு

பாஸ்வர ட்ரைக்குளோரைடு அல்லது சிலிகான் டெட்ரா-குளோரைடு போன்ற சேர்மங்களை நீரில் கரைத்தால் அவை இரட்டைச்சிதைவடைந்து முற்றிலுமாக நீரால் பகுக்கப்பட்டு விடுகின்றன. இந்த வகைகளில் நீரால் பகுபடுகின்ற சேர்மங்கள் உப்புகளல்ல. மேலும் நீரால் முழுமையாக முற்றுப்பட்டு விடுவதால், எதிர்திசையில் விணையேற்றப்படுவது முடியாது. எடுத்துக்காட்டாக பாஸ்பரஸ் ட்ரைகுளோரைடை நீரோடு சேர்த்தால் பாஸ்வர அமிலமும் ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலமும் உண்டாகின்றன.

$$PCl_3 + 3H_2O \longrightarrow H_3PO_3 + 3HCl.$$

ஒரு காரமும் அமிலமும் சேரும் போது நடு நிலையாக்கலில் உப்பு உண்டாகிறது. எனவே ஒரு உப்பு என்பது ஒரு அமிலத்தின் ஹைட்ரஜன் முழுவதையுமோ அல்லது ஒரு பகுதியோ ஒரு உலோக அல்லது கார உறுப்பினுல் (Radical பதிலீடு செய்யும்போது உண்டாகும் பொருள் ஆகும். உப்புகள் நீருடன் சேரும் போது முழுமையாகப் பிரிகையடைகின்றன. இது ஒரு மீள் விணையும் ஆகும். இந்த எடுத்துக்காட்டுகளில் நீரால் பகுப்பு நடுநிலையாக்கலுக்கு எதிர் திசையிலுள்ள மாற்றமாகும். அதைப் பின்வருமாறு காட்டலாம்.

$$\text{உப்பு} + \text{நீர்} \underset{\text{நடுநிலையாக்கல்}}{\overset{\text{நீரால் பகுப்பு}}{\rightleftharpoons}} \text{அமிலம்} + \text{காரம்}$$

எனவே நீரால் பகுப்பது என்பது கரைப்பானின் நீர் நடு நிலையாக்ககலை ஓரளவு மாற்றுகிற அல்லது முழுமையாக நடு நிலையாவதைத் தடுக்கின்ற ஒரு செயலாகும். நீர் சூழ் நிலைக்கு ஏற்றபடி அமிலமாகவோ, காரமாகவோ அல்லது இரண்டு மாகவோ நடந்து கொள்கின்ற கரைப்பானைப் பயன்படுதினால் அந்த வினை கரைசலால் பகுப்பு (Lyolysis or Solvolysis) எனப்படுகிறது.

நீரால் பகுப்பின் நிகழ் முறையைப் புரிந்து கொள்வதற்கு நீர் ஹைட்ரஜன் அயனிகளாகவும் எளிதாகப் பிரிகையடைந் துள்ளது என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும். நீர் அயனிப் பிரிகை அடைவதை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

மேலும் தூயநீரில் ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவும் சமம் எனவும் 25°C வெப்பநிலையில் சுமார் 10^{-7} எனவும் காணப் பட்டுள்ளது- H^+ அயனி, OH^- அயனிகளின் நிறைக்கிளர்வு களின் பெருக்குத் தொகை 25 Cயில் 10^{-14} ஆகும். எல்லா வகையான கரைசல்களிலும் இந்த மதிப்பு ஒன்றே. எனவே எல்லா நீர்க்கரைசல்களிலும் கரைபொருளின் அயனிகளும், சில H^+, OH^- அயனிகளும் அருக்கும். அதன் விளைவாக உப்பின் அயனிகள் H^+ OH^-அயனிகளுடன் வினை புரியக் கூடும்.

இப்போது நான்கு வகையான உப்புகள் நீரால் பகுக்கப் படுவதைக் காணுவோம் :

(1) வீரியமுள்ள அமிலமும் வீரியமுள்ள காரமும் சேர்ந்த உப்பு

இந்த வகைக்கு சோடியம் குளோரைடு ஒரு நல்ல எடுத்துக் காட்டாகும். அது ஒரு எளிதில் மின்பகு பொருளாதலால், கரைசலில் முழுமையாக அயனிப் பிரிகை அடைந்துவிடும். ஆனால் நீர் சிறிதளவே அயனிப்பிரிகை அடையும்.

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

$$HO_2 \rightleftharpoons OH^- + H^+$$

சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு எளிதில் மின்பகு பொரு ளாதலால் Na^+, OH^+ அயனிகள் இணைவதில் நாட்டம் கொள்

வதில்லை. அதேபோல ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலமும் எளிதில் மின்பகுபடு பொருள். ஆதலால் H^+ அயனிகள் Cl^- அயனிகளுடன் சேர நாட்டம் கொள்வதில்லை. இதன் விளைவாக கரைசலில் இணைந்த மூலக்கூறுகளே இருக்காது. நீரிலிருந்து வரும் H^+, OH^- அயனிகளுக்கிடையிலான சமநிலை பாதிக்கப்படுவதில்லை. அதாவது இக்கரைசலில் நீரால் பகுப்பு ஏற்படாது. கரைசல் நடு நிலையிலிருக்கும்.

(2) வீரியமற்ற அமிலமும் வீரியமுள்ள காரமும் சேர்ந்த உப்பு

இவ்வகைக்கு பொட்டாசியம் சயனைடு (KCN), சோடியம் அசிடேட் (CH_3COONa), போராக்ஸ் ($Na_2B_4O_7$) ஆகியவை எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

பொட்டாசியம் சயனைடு, நீர் இவற்றிற் கிடையிலான வினையைக் கவனிப்போம். உப்பு எளிதில் மின்பகு பொருளாகையால் அது கரைசலில் முழுமையாகப் பிரிகை அடைந்து K^+, CN^- அயனிகளைத்தரும். முன்போலவே கரைசலில் சில ஹைட்ரஜன் அயனிகளும் ஹைட்ராக்சில் அயனிகளுமிருக்கும்.

$$KCN \rightleftharpoons K^+ + CN^-$$

$$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+$$

$$H^+ + CN^- \leftrightharpoons HCN$$

இவ்வாறு தோன்றும் ஹைட்ரோ சயனிக் அமிலம் மிகவும் வீரியமற்ற அமிலம். அது நீரில் சிறிதளவே அயனிப் பிரிகை அடையும். எனவே ஏராளமாக உள்ள CN^- அயனிகள் சிறிய அளவிலுள்ள H^+ அயனிகளுடன் சேர்ந்து HCN மூலக்கூறுகளை ஏற்படுத்தும் இவ்வாறு H^+ அயனி விளக்கப்படுவதால் நீரிலிருந்து H^+, OH^- அயனிகளுக்கிடையிலான சமநிலை கெட்டுவிடும். அதைத்திரும்ப நிலை நிறுத்தவதற்காக நீரிலிருந்து மேலும் HO^- அயனிகள் வருகின்றன. விலக்கப்படும் H^+ அயனிகளின் எண்ணிக்கை அதிகரித்தால் நீரிலிருந்து வரும் OH^- அயனிகளின் எண்ணிக்கையும் கூடுகிறது. எனவே OH^- அயனிகளின் செறிவு அதிகரிக்கிறது. $[OH^-]$, $[H^+]$ இவற்றின் பெருக்குத்தொகை இப்போதும் 1×10^{-14} தான். ஆனால் $[OH^-]$ $[H^+]$ இவை சமமானவையல்ல. புதிதாய்த் தோன்றிய சம

நிலையில் $[OH^-]$, $[H^+]$-ஐவிட அதிகமாயிருக்கிறது. ஆகவே கரைசல் காரகுணமுள்ளதாயிருக்கும். பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு (KOH) எளிதில் மின்பகு பொருளாதலால் K^+ அயனிகளும் OH^- அயனிகளும் இணைவதில் நாட்டம் கொள்வதில்லை. ஆகவே மொத்தத்தில் இவ்வகையில் நிகழ்ந்த வினை பின்வருமாறு :

$$CN^- + H_2O \rightleftharpoons HCN + OH^-$$

பொதுவாக இத்தகைய வினைகளைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$A^- + H_2O \rightleftharpoons HA \text{ (வீரியமற்ற அமிலம்)} + OH^-.$$

(1) ***வீரியமுள்ள அமிலமும், வீரியமற்ற காரமும்***

இவ்வகைக்கு அமோனியம் குளோரைடு, பெர்ரிக் குளோரைடு, காப்பர் சல்பேட் ஆகியவை எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

பெர்ரிக்குளோரைடு உப்பின் நீரால் பகுப்பைக் கவனிப்போம். அது ஒரு எளிதில் மின்பகு பொருள் ஆதலால் கரைசலில் முழுமையாகப் பிரிகை அடைந்துவிடும். எனவே கரைசலில் ஏராளமான Fe^{+++}, Cl^- அயனிகளும் நீரிலிருந்து வந்த சிறிதளவு H^+, OH^- அயனிகளும் இருக்கும்.

$$Fe\,Cl_3 \rightleftharpoons Fe^{+++} + 3Cl^-$$

$$3H_2O \rightleftharpoons 3\,(OH^-) + 3H^+$$

$$Fe^{+++} + 3\,(OH^-) \rightleftharpoons Fe\,(OH)_3.$$

இதில் தோன்றியுள்ள பெர்ரிக் ஹைட்ராக்சைடு ஒரு வீரியமற்ற காரம். எனவே அதன் அயனிப் பிரிகை மிகக் குறைவாகவேயிருக்கும். எனவே $Fe\,(OH)_3$ மூலக்கூறைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இதன் விளைவாக நீரிலிருந்து வந்த H^+, OH^- அயனிகளுக்கிடையிலான சமநிலை பாதிக்கப்படுகிறது. இந்த வகையில் H^+ அயனிகள் நிறையச் சேர்ந்துவிடுகின்றன. இந்தப் புதிய சமநிலையில் (H^+), (OH^-) ஐ விட அதிகமாயிருக்

கிறது. எனவே கரைசல் தெளிவாக அமிலத் தன்மையுள்ளதா யிருக்கும். Fe, cl^- அயனிகள் இணைவதில் நாட்டம் கொள் ளாது. அவை கரைசலில் தனித்தனியே பிரிந்து இருக்கமுடி யும். எனவே மொத்தத்தில் கரைசலில் நிகழ்ந்த வினையாவது.

$$Fe + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3H^+$$

பொதுவாக

$$B^+ + H_2O \rightleftharpoons BOH \text{ (வீரியமற்ற காரம்)} + H^+.$$

(4) வீரியமற்ற காரமும், வீரியமற்ற அமிலமும் கலந்த உப்பு

இத்தகைய உப்பை BA எனக் குறித்தோமானால் நீரால் பகுப்பைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$B^+ + A^- + H_2O \rightleftharpoons BOH \text{ (வீரியமற்ற காரம்)} + HA$$
(வீரியமற்ற அமிலம்).

இங்கு BA ஒரு எளிதில் மின்பகு பொருளாயிருக்கிறது. வினை யும் காரமும் அமிலமும் வீரியமற்றவை. எனவே அவை கரை சலில் இணைந்திருக்கும். எனவே, கரைசல் அமிலத் தன்மையோ காரத் தன்மையோ இன்றி நடுநிலையிலிருக்கும். அம்மோனியம் அசிடேட் (CH_3COONH_4) அமோனியம் சயனைடு (NH_4CN) ஆகியவை இவ்வகைக்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

2, 3, 4 ஆகிய வகைகளில் நீரால் பகுப்பிலிருந்து தோன் றும் அமிலங்களும் காரங்களும் சமமற்ற கிளர்ச்சி (unequal activity) உள்ளவையாயிருக்கும்.

நீரால் பகுப்பு மாறிலி (Hydrolysis Constant)

BA எனும் உப்பினுடைய நீரால் பகுப்பைப் பின்வருமாறு காட்டுவோம்.

$$BA + H_2O \rightleftharpoons BOH + HA \text{ ஆதலால்}$$

$$K = \frac{[BOH]\,[HA]}{[BA]\,[H_2O]}$$

எந்தக் கரைசலிலும் நீர்மிக அதிகமாக உள்ளதால், அதன் அடர்வு மாறவில்லை எனக் கொள்ளலாம்.

$$Kh = \frac{[BOH]\,[HA]}{[BA]}$$

இங்கு Kh என்பது BA எனும் உப்பின் நீரால் பகுப்பு மாறிலி எனப்படும். பொதுவாக,

$$Kh = \frac{[\text{அமிலம்}]\,[\text{காரம்}]}{[\text{நீரால் பகுப்படையாத உப்பு}]}$$

(*a*) **வீரியமற்ற அமிலமும் வீரியமுள்ள காரமும் சேர்ந்த உப்பு**

நேர்மின்வாய் அயனியின் நீரால் பகுப்பு

இவ்வினைக்குப் பொதுவான ரசாயனச் சமன்பாடாவது

$$B^+ + A^+ + H_2O \rightleftharpoons HA + B^+ + OH^-$$ அல்லது

$$A^- + H_2O \rightleftharpoons HA + OH^-$$

நீரால் பகுப்பு மாறிலி $Kh = \frac{[HA]\,OH^-]}{[A^-]}$.

நீரில் பின்வரும் வினைகள் நிகழ்கின்றன.

$[H^+]\,[OH^-] = Kw$, Kw நீரின் அயனிப்பெருக்கம்.

$\frac{[H^+]\,[A^-]}{[HA]} = Ka$, Ka என்பது வீரியமற்ற அமிலத்தின் பிரிகை மாறிலிகளாகும். இங்கு,

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH_-]}$$ ஆதலால்

$$Ka = \frac{Kw}{[OH^-]} \cdot \frac{[A^-]}{[HA]}$$

மற்றும் $$\frac{1}{Kh} = \frac{[A^-]}{[HA]\,[OH^-]}.$$

எனவே $Ka = \frac{Kw}{Kh}$ அல்லது $Kh = \frac{Kw}{Ka}$

அதாவது ஒரு வீரியமற்ற அமிலமும், வீரியமுள்ள காரமும் சேர்ந்த உப்பின் நீரால் பகுப்பு மாறிலி என்பது நீரின் அயனிப் பெருக்கத்திற்கும், உப்பு தோன்றிய வீரியமற்ற அமிலத்தின் அயனியாக்கல் மாறிலிக்கும் இடையிலான தகவு ஆகும்.

(*b*) ***வீரியமற்ற அமிலமும் வீரியமற்ற காரமும் சேர்ந்த உப்பு***

எதிர் மின்வாய் அயனி நீரால் பகுப்பு

இங்கு செயல்படும் சமநிலைகள் பின்வருமாறு

$$B^+ + H_2O \rightleftharpoons H^+ + BOH$$

$$\frac{[H^+][BOH]}{[B^+]} = Kh.$$

$$[H^-][OH^-] = Kw$$

$$\frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]} \quad Kb$$

மற்றும் $[OH^- = \frac{Kw}{[H^+]}$ ஆதலால் $Kl = \frac{Kw}{[H^+]} \cdot \frac{[B^+]}{[BOH]}$;

K*b* என்பது உப்பு தோன்றும் வீரியமற்ற காரத்தின் அயனியாக்கல் மாறிலியாகும்.

மற்றும் $\frac{1}{Kh} = \frac{[B^+]}{[H^+][BOH]}$ ஆதலால்,

$Kb = \frac{Kw}{Kh}$ அல்லது $Kh = \frac{Kw}{Ko}$.

அதாவது வீரியமற்ற காரமும் வீரியமுள்ள அமிலமும் சேர்ந்த உப்பின் நீரால் பகுப்பு மாறிலி என்பது நீரின் அயனிப் பெருக்கத்திற்கும், உப்பு தோன்றுகிற வீரியமற்ற காரத்தின் அயனியாக்கல் மாறிலிக்கும் இடையிலான தகவு ஆகும்.

(*c*) ***வீரியமற்ற காரமும், வீரியமற்ற அமிலமும் சேர்ந்த உப்பு***

நேர்மின்வாய் அயனி, எதிர்மின்வாய் அயனி ஆகிய இரண்டுமே நீரால் பகுப்பு அடைகின்றன. இங்கு கரைசலி

லுள்ள சமநிலைகளாவன :

$$B^+ + A^- + H_2O \rightleftharpoons BOH + HA$$

$$Hh = \frac{[BOH]\,[HA]}{[B^+]\,[A^-]}\ ;\ Kh = [H^-]\,[OH^-]\ ;\ Ka = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$$Kb = \frac{[OH^-]\,[B^+]}{[BOH]}$$ அல்லது $[H^+]$

$$= Ka\,\frac{[HA]}{[A^-]}$$

மற்றும் $[OH^-] = \dfrac{Kb[BOH]}{[B^+]}$

எனவே $Kw = \dfrac{Ka[HA]}{[A^-]} \times \dfrac{Kb[BOH]}{[B^+]}$

மற்றும் $Kb = \dfrac{[HA]\,[BOH]}{[A^-]\,[B^+]}$

எனவே $Kh = \dfrac{Kw}{Ka \cdot Kb}$

அதாவது ஒரு வீரியமற்ற உப்பும், வீரியமற்ற காரமும் சேர்ந்த உப்பின் நீரால் பகுப்பு மாறிலி என்பது நீரின் அயனிப் பெருக்கத்திற்கும், வீரியமற்ற அமிலம், வீரியமற்ற காரம் இவற்றின் அயனியாக்கல் மாறிலிகளின் பெருக்குத் தொகைக்கும் இடையிலான தகவு ஆகும்.

நீரால் பகுப்பின் வீதம் (Degree of Hydrolysis)

நீரால் பகுப்படையும் உப்பினுடைய பின்னத்தின் அளவை நீரால் பகுப்பு வீதம் என்று சொல்லப்படும்.

(a) ***வீரியமற்ற அமிலமும் வீரியமுள்ள காரமும் சேர்ந்த உப்பு***

ஒரு மோல் BA என்னும் உப்பை V லிட்டர் நீரில் கரைக்கும் போது h என்பது நீரால் பகுப்பின் வீதமானல் சமநிலையிலுள்ள பொருள்களின் அடர்வுகளாவன :

$$A^- + H_2O \rightleftharpoons HA + OH^-$$

$$\left(\frac{1-h}{V}\right) \qquad\qquad \left(\frac{h}{V}\right)\ \left(\frac{h}{V}\right)$$

$$\text{எனவே } \frac{[HA]\,[HO^-]}{[A^-]} = Kh = \frac{h/V \times h/V}{1-h/V} = \frac{h_2}{V(1-h)}$$

இச்சமன்பாடு h-க்கும் Kh-க்கும் உள்ள உறவைக் காட்டும். கரைசலின் பருமமான V-ஐப் பொருத்து, அதாவது உப்பின் செறிவைப் பொறுத்து h-ன் மதிப்பு மாறும். h-ன் மதிப்பு மிக அற்பமானதாகும்போது,

$$Kh = \frac{h_2}{V}.\ \text{மற்றும் } Kh = \frac{Kw}{Ka},\ \text{ஆதலால் } \frac{Kw}{Ka} = \frac{h^2}{V}$$

$$\text{மற்றும் } h = \sqrt{\frac{KwV}{Ka}} \text{ ஆகும்.}$$

மாதிரிக் கணக்கு

N/*100* சோடியம் அசிடேட் கரைசலின் h-மதிப்பைக் கணக்கிடு.

$$Kw = 1 \times 10^{-14};\quad Ka = 1{\cdot}8 \times 10^{-5};\quad V = 100$$

$$\text{எனவே } h = \sqrt{\frac{10^{-14} \times 100}{1{\cdot}8 \times 10^{-5}}} = 2{\cdot}54 \times 10^{-4}$$

அல்லது $0{\cdot}0254\%$

$$\text{கரைசலின் அடர்வு N/10 ஆனால் } h = \sqrt{\frac{10^{-14} \times 10}{1{\cdot}8 \times 10^{-5}}}$$

$$= 0{\cdot}745 \times 10^{14} = 0{\cdot}00745\%$$

கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனியின் அடர்வைப் பின் வருமாறு கண்டுபிடிக்கலாம்.

வீரியமற்ற அமிலமும் வீரியமுள்ள காரமும் சேர்ந்த உப்பினுடைய ஹைட்ராக்சில் அயனியின் அடர்வு $= \frac{h}{V}$.

$$\text{ஆகவே } [H^+] = \frac{KwV}{h}.$$

$$\text{மற்றும் } h = \sqrt{\frac{KwV}{Ka}}.$$

$$\text{ஆகவே } [H^+] = KwV\sqrt{\frac{Ka}{Kw \times V}}$$

$$= \sqrt{Kw \times Ka \times V}$$

N/100 சோடியம் அசிடேட் கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனியின் அடர்வு $[H^+] = \sqrt{10^{-14} \times 1 \cdot 8 \times 10^{-5} \times 100}$ $= 4 \cdot 2 \times 10^{-9}$ கிராம் அயனி/லிட்டர்.

(b) **வீரியமுள்ள அமிலமும் வீரியமற்ற காரமும் சேர்ந்த உப்பு**

$$B^+ + H_2O \rightleftharpoons BOH + H^+.$$

ஒரு மோல் BA எனும் உப்பு V லிட்டர் கரைசலிருக்கும் போது, h என்பது நீரால் பகுப்பு வீதமானால், கரைசலில் சம நிலையிலுள்ள பொருள்களின் அடர்வுகளாவன.

$$B^+ + H_2O \rightleftharpoons BOH + H^+$$

$$\left(\frac{1-h}{V}\right) \qquad \left(\frac{h}{V}\right) \quad \left(\frac{h}{V}\right)$$

எனவே $Kh = \frac{[BOH]\,[H^+]}{[B^+]} = \frac{h/V \times h/V}{(1-h)/V} = \frac{h^2}{V(1-h)}$

இங்கு h-ன் மதிப்பு உப்பினுடைய அடர்வை அதாவது V-ன் மதிப்பைப் பொறுத்திருக்கிறது;

'h' ன் மதிப்புக் குறைவானால் $Kh = \frac{h^2}{V}$.

இங்கு $Kh = \frac{Kw}{Kb}$ ஆதலால், $\frac{Kw}{Kb} = \frac{h^2}{V}$

அல்லது $h = \sqrt{\frac{Kw}{KaV}}$

கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனியின் அடர்வைக் கணக்கிடலாம்,

$$[H^+] = \frac{h}{V} = \frac{1}{V}\sqrt{\frac{KwV}{Ka}} = \sqrt{\frac{Kw}{KaV}}$$

மாதிரிக் கணக்கு

அம்மோனியம் ஹைட்ராக்சைடின் பிரிகை மாறிலி $= 2 \cdot 3 \times 10^{-5}$. N/10 அம்மோனியம் குளோரைடின் நீரால் பகுப்பு விதத்தையும், கரைசலின் $[H^+]$ ஐயும் கணக்கிடு.

முன்புகண்டபடி, $h = \sqrt{\frac{Kwh}{Kb}}$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{Kw}{KbV}}$$

இங்கு $Kw = 1 \times 10^{-14}$; $Kb = 2 \cdot 3 \times 10^{-5}$; $V = 10$

$$\text{எனவே } h = \sqrt{\frac{10^{-14} \times 10}{2 \cdot 3 \times 10^{-5}}} = 6 \cdot 6 \times 10^{-5}$$

அல்லது $0 \cdot 0066\%$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{10^{-14}}{2 \cdot 3 \times 10^{-5} \times 10}} = 6 \cdot 6 \times 10^{-6} \text{ கிராம்}$$

(c) வீரியமற்ற அமிலமும் காரமும் சேர்ந்த உப்பு

$$B_+ + A^+ + H_2O \rightleftharpoons BOH + HA.$$

கரைசலிலுள்ள சமநிலைப் பொருள்களின் அடர்வுகளாவன :

$$[B^+] = \frac{1-h}{V},\ [A^-] = \frac{1-h}{V}$$

$$[BOH] = \frac{h}{V},\ [HA] = \frac{h}{N}$$

$$\text{மற்றும், } Kb = \frac{[BOH]\,[HA]}{[A^-]\,[B^+]} = \frac{h/V \times h/V}{(1-h^2/V^3} = \frac{h^2}{(1-h^2)}$$

இங்கு Kb-க்கும், hக்கும் உள்ள தொடர்பைக் கொடுக்கும் சமன்பாட்டில் V எனும் அளவு இல்லையாதலால் இவ்வகை உப்புக்களுக்கு hன் மதிப்பு உப்பின் அடர்வைப் பொறுத்திருக்க வில்லை. கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனியின் அடர்வைப் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்.

$$Kw = [H^+]\,[OH^-;\ Ka = \frac{[H^+]\,[A]^-}{[HA]};\ Kb = \frac{[B^-]\,[OH^-]}{[BOH]}$$

$$\text{எனவே } [H^+] = \frac{Kw}{OH};\ \text{மற்றும் } [H]^+ = \frac{Ka\,[HA]}{[A^-]}$$

$$[OH^-] = \frac{Kb\,[BOH]}{B^+}$$

இங்கு $[B^+] = [A^-]$ மற்றும் $[NA] = [BOH]$.

$$\text{எனவே } [H^+]^2 = \frac{Kw[B^+]}{Kb[BOH]}$$

$$\frac{Ka[HA]}{[A^-]} = \frac{KwKa}{Kb}$$

நீரால் பகுப்பு வீதத்தை அளந்தறியும் முறைகள்

1. மின் கடத்து திறன் துறை

வீரியமற்ற காரமான அனிலீனையும் வீரியமுள்ள அமிலமான ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தையும் சேர்த்து அனிலீன் ஹைட்ரோகுளோரைடு உப்பின் நீரால் பகுப்பு வீதத்தைக் கணக்கிடுவோம். இவ்வுப்பின் கரைசலில் கீழ்க்காணும் சம நிலைகளுள்ளன.

$$C_6H_5NH_2 + HCl \longrightarrow C_6H_5NH_3Cl$$

$$C_6H_5NH_3Cl + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5NH_3OH + H^+ + Cl^-$$

அல்லது $C_6H_5NH_3^+ + Cl^- + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5NH_3OH + H^+ + Cl^-$

$$\text{ஆகவே } K_h = \frac{[C_6N_5NH_3OH][H^+]}{C_6H_5NH_3}$$

ஒரு மோல் உப்பு V லிட்டரில் கரைந்திருப்பின் h என்பது நீரால் பகுப்பு வீதம் என்க. கரைசலின் சமான எடையளவு மின் கடத்து திறன் λ ஆகும். கரைசலின் மின்கடத்து திறன் ஹைட்ரஜன் அயனி, குளோரின் அயனி, மற்றும் நீரால் பகுப்படையாத உப்பு ஆகியவற்றால் உண்டானதாகும். ஆகவே,

$$\lambda = \lambda v\,(1-h) + h\lambda A.$$

இங்கு λA என்பது ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தின் சமான எடையளவு மின் கடத்து திறனுக்கும். λv என்பது நீரால் பகுப்படையாத உப்பினுடைய சமான எடையவு மின்கடத்து திறனுகும். உப்புடன் அதிக அளவில் அனிலீனைக் கலந்து, நீரால் பகுப்படையாமல் தடுத்து λv எனும் மின் கடத்து திறனை அளக்கலாம்.

$$\text{இப்போது } Kh = \frac{[\text{அனிலீன்}]\,[\text{அமிலம்}]}{[\text{நீரால் பகுப்படையாதஉப்பு}]}$$

λ-வையும் λvயையும் சோதனை முறையில் அளக்கலாம். λ-வை வாய்ப்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம்.

$$\text{எனவே } \lambda = (1-h)\lambda v + h\lambda A.$$
$$= \lambda v - hv + h\lambda A.$$
$$= \lambda v + h(\lambda A - \lambda v)$$
$$\text{அல்லது } \frac{\lambda - \lambda v}{\lambda A - \lambda v} = h.$$

மாதிரிக் கணக்கு

ஹைட்ரஜன் அயனி அல்லது ஹைட்ராக்சைடு அயனியின் அடர்வை அளந்தறிந்து நீரால் பகுப்பு வீதத்தைக் கணக்கிடுதல்.

வீரியமற்ற அமிலமும், வீரியமுள்ள காரமும் சேர்ந்த உப்பினுடைய கரைசலில் $[OH^-] = \frac{h}{V}$ அல்லது

$h = \frac{[OH^-]}{C}$; இங்கு $\frac{1}{V} = C$ வீரியமற்ற காரமும் வீரியமுள்ள அமிலமும் சேர்ந்த உப்பினுடைய கரைசலில் $[H^+] = \frac{h}{V}$

$h = \frac{[H^+]}{C}$.

ஆகையால் $[H^+]$ அல்லன $[OH^-]$ இவைகளின் மதிப்பைச் சோதனை மூலம் அளந்தறிந்தால் h-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

சர்க்கரையின் மாற்ற வேகத்தை அளந்தாவது அல்லது மீதைல் ஆசிடேட்டின் நீரால் பகுப்பின் வீதத்தை அளந்தாவது ஹைட்ரஜன் அயனியின் அடர்வைக் கணக்கிடலாம். ஒரு பகுதி நீரால் பகுப்படைந்த உப்பின் கரைசலிலுள்ள அமிலத்தின் அடர்வுக்கும், முழுதும் நீரால் பகுப்படைந்த உப்பின் கரைசலிலுள்ள அமிலத்தின் அடர்வுக்கும் இடையிலுள்ள தகவே h-ன் மதிப்பு ஆகும். இதில் முதல் அளவை யூரியா ஹைட்ரோகுளோரைடு உப்பைக் கொண்டு முதலில் சொன்ன இரு வினைகளில் ஏதாவதொரு வினையின் வேக மாறிலி (Rate Constant)

(K_1) அளக்கவேண்டும். பிறகு சுத்தமான அமிலத்தைக் கொண்டு வினையின் (K_2) அளக்கவேண்டும் இப்போது $h = \frac{K_1}{K_2}$ ஆகும்.

2. பங்கீடு அல்லது தூரிவினைமுறை (Partition Method)

அனிலீன் ஹைட்ரோகுளோரைடு கரைசலிலுள்ள சமநிலை பின்வருமாறு:

$$CH_6H_5NH_3^+ \rightleftharpoons C_6H_5NH_2 + H^+$$

தெரிந்த எடையுள்ள அனலீன் ஹைட்ரோகுளோரைடு உப்பைத் தெரிந்த பருமனுள்ள சென்ஸீனைக் கலக்கவும். கரைசலில் உப்பு நீரால் பகுப்படைந்ததால் ஏற்பட்ட அனிலீனில் ஒரு பகுதி பென்ஸீனில் கரையும். அனிலீன் நீரிலும் பென்சீனிலும் பிரிந்திருக்கும் விகிதம் ஆன பங்கீட்டுக் குணத்தை முதலில் தனிச் சோதனையின் மூலம் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். பென்சீனிலுள்ள அனிலீனின் அடர்வைக் கண்டுபிடித்துப் பங்கீட்டுக் குணகத்தின் மதிப்பிலிருந்து நீரிலுள்ள அனிலீனின் அடர்வைக் கணக்கிடலாம்.

வினையிலுண்டான ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் அடர்வும் நீர் மற்றும் பென்சீன் ஆகிய இருகரைப்பான்களிலும் பிரிந்து நிற்கும் அனிலீனின் அடர்வும் கிராம் சமான எடையில் சமமாயிருக்கும். ஹைட்ரஜன் அயனிகள் முழுவதும் நீரில்தான் தங்கியிருக்கும். முதலில் எடுத்துக்கொண்ட உப்பின் அடர்வி லிருந்து மொத்த அனிலீனின் அடர்வைக் கழித்தால், நீரால் பகுப்படையாத உப்பின் அடர்வு கிடைக்கும். ஆகவே சமநிலை ஏற்பட்டவுடன் நீரிலுள்ள அனிலீன் ஹைட்ரஜன் அயனி, மற்றும் நீரால் பகுப்படையாத உப்பு இவற்றின் அடர்வுகள் தெரியுமாகையினுல்,

$$Kh = \frac{[C_6H_5NH_2]\,[H^+]}{[C_6H_5NH_3^+]}$$

$Kh = \frac{h^2}{(1-h)V}$ எனும் சமன்பாட்டிலிருந்து h-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

D என்பது நீரிலும் பென்சீனிலும் அனிலீன் பிரிந்து நிற்கும் பங்கீட்டுக் குணகம் என்போம். பென்சீனில் கரைந்து நிற்கும் அனிலீனின் அடர்வு = C_2. நீரில் கரைந்து நிற்கும் அனிலீனின் அடர்வு = C_1 முதலில் எடுத்துக் கொண்ட உப்பின் அடர்வு = C_3 நீரால் பகுப்படையாத உப்பின் அடர்வு = $(C_3 - (C_1 + C_2)$ நீரிலுள்ள அமிலத்தின் அடர்வு = $C_1 + C_2$.

$$Kh = \frac{C_1 (C_1 + C_2)}{C_3 - (C_1 + C_2)}$$

12. ஹைட்ரஜன் அயனியின் அடர்வு
(Hydrogen Ion Concentration)

உயிர் வாழ்க்கை முறைகளில் உடல் திரவத்தில் உள்ள பல்வகைப்பட்ட அயனிகளின் அடர்வுகள் முக்கியமான பங்கேற்கின்றன. இவற்றில் முதன்மையாக விளங்குவது ஹைட்ரஜன் அயனியாகும். ஏனெனில் உயிரி செல்கள் தம்மைச் சுற்றி பரவியுள்ள திரவ ஊடகங்களில் உள்ள ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவில் ஏற்படும் மாற்றங்களால் மிகவும் பாதிக்கப்படுகின்றன. எனவே செல்கள் ஆரோக்கியமாக இருப்பதற்காக திரவ ஊடகத்தில் ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவை ஒரு குறிப்பிட்ட வரம்புக்குள் பராமரிப்பது இன்றியமையாததாகும். இதனால் உயிரிகளில் ஹைட்ரஜன் அயனியின் பங்கு முக்கியத்துவம் பெறுகிறது.

ஹைட்ரஜன் அயனியின் அடர்வு

நீரில் கரையும்போது நேரின அயனிகளாக ஹைட்ரஜன் அயனிகளை வெளிப்படுத்துவது அமிலம் எனப்படுகிறது. அதே போல காரம் நீரில் கரையும்போது எதிரின அயனிகளாக ஹைட்ராக்சில் அயனிகளை வெளிப்படுத்தும். ஆகவே அமிலத்தை நீருடன் சேர்க்கும்போது ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவு (CH^+) அதிகமாகிறது. இதனால் கரைசலில் ஹைட்ராக்சில் அயனியின் செறிவு (COH^-) குறைந்து அயனிப் பெருக்கம் மாறாமலிருக்கும்படி செய்கிறது. அதேபோல நீருடன் காரத்தைச் சேர்த்தால் ஹைட்ராக்சில் அயனியின் செறிவு அதிகரித்து ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவு தலைகீழ் விகிதத்தில் குறைகிறது. எனவே நீரைவிட ஒரு அமிலக் கரைசலில் ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவு அதிகமாகவும், ஒரு காரக் கரைசலில் ஹைட்ராக்சில் அயனியின் செறிவு அதிகமாகவும் இருக்கும். ஆனால் எப்போதும் அயனிப் பெருக்கத்தின் மதிப்பு மாறிலியாக (1×10^{-14}) இருக்கும்.

நீர்க் கரைசல்களின் பல வினைகள் ஹைட்ரஜன் அயனி களின் செறிவைப் பொருத்திருப்பதால், ஹைட்ரஜன் அயனி மிக முக்கியமான ஒன்றாகும்.

ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவை CH^+ என்று குறிப்பிடலாம். ஒரு வீரியமுள்ள அமிலத்தின் 1·0 திட்டக் கரைசலில் CH^+ ன் மதிப்பு ஒரு கிராம் அயனி/லிட்டர் ஆக இருக்கும். அதேபோல $N/1000$ கரைசலில் $CH^+ = \frac{1}{1000} = 10^{-3}$ கிராம் அயனி/ லிட்டர்.

ஹைட்ரஜன் அயனியின் அடர்வு $N/10$ அமிலத்தில் 10^{-1} ஆகவும் $\frac{N}{10}$ காரத்தில் 10^{-13} ஆகவும் உள்ளது. இவ்விதம் பரந்த அளவிலுள்ள மதிப்புகளை கிராம் சமான எடையில் காட்டுவது கடினமாயிருப்பதால் ஒரு எளிய முறையைக் கையாளுவது அவசியமாகிறது. அப்படிப்பட்ட ஒரு முறையை S. P. L. சாரன்சன் எனும் விஞ்ஞானி வெளியிட்டார். இம் முறைப்படி கரைசலில் ஹைட்ரஜன் அயனியின் கிராம் அயனி/ லிட்டர் அளவிலுள்ள அடர்வின் 10-ஐ அடிப்படை (base) யாகக் கொண்ட லாகரிதத்தின் எதிரின மதிப்பு PH எனக் குறிக்கப் படும்.

$$\text{எனவே } PH = -\log_{10}[H^+] = \log\frac{1}{[H^+]}.$$

இம்முறைப்படி நடுநிலையிலுள்ள கரைசல்களுக்கு $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ அல்லது $PH = 7$. அமிலக் கரைசல்களுக்கு $[H^+] > 10^{-7}$ ஆதலால் PH மதிப்பு ஏழை விடக்குறைவு. காரக் கரைசல்களுக்கு $[H^+] < 10^{-7}$ ஆதலால் PH மதிப்பு ஏழைவிட அதிகம்.

ஒரு வீரியமுள்ள அமிலத்தின் 1·0 N கரைசலுக்கு CH^+ ன் மதிப்பு சுமார் 1 கிராம் அயனி/லிட்டர். சாதாரண வெப்ப நிலை களில் நீரின் அயனிப் பெருக்கம் அப்போதும் 10^{-14}க்குச் சமமாதலால், இக்கரைசலில் ஹைட்ராக்சில் அயனியின் செறிவு 10^{-14} கிராம் அயனி/லிட்டர் ஆகும்.

அதேபோல ஒரு வீரியமுள்ள காரத்தின் 1·0 N கரைசலின் ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவு 10^{-14} கிராம் அயனி/லிட்டர் ஆகவும் ஹைட்ராக்சில் அயனியின் செறிவு ஒரு கிராம் அயனி/

லிட்டர் ஆகவும் இருக்கும். மேலே கண்டதிலிருந்து வீரியமுள்ள அமிலக் கரைசலிலிருந்து வீரியமுள்ள காரக் கரைசலுக்குச் செல்லுகையில் ஹைட்ரஜன், ஹைட்ராக்சில் அயனிகளின் செறிவிற்கு PHன் மதிப்பு ஒன்றிலிருந்து 14 வரை மாறுகிறது என்பது தெரிகிறது.

தூய நீருக்கு CH+, COH− ஆகியவற்றின் மதிப்புகள் சமமாக, 10^{-7} கிராம் அயனி/லிட்டர் ஆக உள்ளன என முன்னர் கண்டோம். எனவே தூயநீருக்கு சாதாரண வெப்ப நிலைகளில் PH = 7·00.

தூய நீர் நடுநிலையானது ஆதலால், PHன் மதிப்பு 7 ஆக உள்ள எல்லாக் கரைசல்களும்கூட நடுநிலையிலிருக்கும். PH மதிப்பு ஏழை விடக் குறைவான கரைசல் அமிலத் தன்மையும் ஏழை விட அதிகமுள்ள கரைசல் காரத் தன்மையும் பெற்றிருக்கும். ஹைட்ரஜன் அயனி அடர்வின் அளவு ஒரு கிராம் அயனி/லிட்டரை விட அதிகமாயிருந்தால் அக்கரைசலின் PH மதிப்பு எதிரினமாயிருக்கும்.

பின்வரும் அட்டவணை 25°C யில் CH+, COH−, PH, POH ஆகியவற்றிற்கிடையிலுள்ள உறவைக் காட்டுகிறது.

மாதிரிக் கணக்கு

ஒரு லிட்டரில் $1 \cdot 318 \times 10^{-1}$ கிராம் அயனிகள் ஹைட்ரஜன் உள்ள கரைசலின் PH மதிப்பைக் கண்டுபிடி.

$$PH = -\log [H^+].$$
$$= -\log (1 \cdot 318 \times 10^{-1})$$
$$= \log_{10} 10 - \log_{10} 1 \cdot 318 = 1 - 0 \cdot 1199 = 0 \cdot 8801$$

தாங்கல் கரைசல்கள் (Buffer Solutions)

மண், நீர், உயிரியல் திரவங்கள், இரத்தம் போன்றவற்றைப் பரிசோதிக்கும்போது அவற்றின் PH மதிப்பை அளக்க வேண்டியிருக்கும். சில சமயங்களில் மாறிலியான PH மதிப்புள்ள கரைசல்கள் தேவைப்படும். இம்மாதிரியான காரியங்களில் சாதாரணமான அமிலக் கரைசல்களையும், காரக் கரைசல்களையும் பயன்படுத்தும்போது, அவற்றில் ஏதாவது அமிலம் அல்லது காரத்தின் ஒரு துளியையோ, சிறிதளவு நீரையோ சேர்த்தால்கூட PH மதிப்பு மாறிவிடும். இத்தகைய சந்தர்ப்பங்

← அமிலத்தன்மை → நடு நிலை ← காரத்தன்மை →

CH^+	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}
COH^-	10^{-14}	10^{-13}	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1
*p*H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
*p*OH	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
								நடு நிலை							

களில் தாங்கல் கரைசல்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தாங்கல் கரைசல்கள் என்பவை மாறிலியான PH மதிப்பை உடையவை. அமிலத்தையோ, காரத்தையோ சேர்த்தாலும் அவற்றின் PH மதிப்பு மாறுது. தாங்கல் கரைசல்கள் காரத் தன்மையை அல்லது அமிலத் தன்மையை சேமிப்பில் வைத் திருப்பவை என்று சொல்லலாம். அமிலமோ, காரமோ சேர்க்கப்படும்போது PH மதிப்பில் ஏற்படும் மாற்றத்தை எதிர்க்கும் இவ்வியல்பு தாங்கல் வினை (Buffer action) எனப் படும்.

தாங்கல் கரைசல்கள் வீரியமற்ற அமிலமும் அதன் உப்பும் அல்லது வீரியமற்ற காரமும் அதன் உப்பும் கலந்த கலவை யாகும். அதிலுள்ள பொருள்களின் விகிதத்தை மாற்றி விரும்பப் பட்ட PH மதிப்புகளை உடைய கரைசல்களைத் தயாரிக்கலாம். சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படும் தாங்கல் கரைசல்களுக்குப் பின்வரும் கலவைகளை எடுத்துக் காட்டாகக் கூறலாம்.

(1) அசிடிக் அமிலம் + சோடியம் அசிடேட் கலவை

(2) போரிக் அமிலம் + போராக்ஸ்

(3) சிட்ரிக் அமிலம் + சோடியம் சிட்ரேட்

(4) டைசோடியம் ஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட் + சோடியம் டைஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட்

(5) சோடியம் கார்பனேட் + சோடியம் பை கார்பனேட்

(6) அமோனியா + அமோனியம் குளோரைடு.

தாங்கல் வினை செயல்முறை

அசிடிக் அமிலம், சோடியம் அசிடேட் ஆகியவற்றாலான ஒரு தாங்கல் கரைசலை எடுத்துக் கொள்வோம். அசிடிக் அமிலத்தை HA என்றும் சோடியம் அசிடேட்டை NaA என்றும் குறிப்போம். A என்பது அசிடேட் அயனியைக் குறிக்கிறது. அசிடிக் அமிலம் வீரியமற்றதாகையால் அது சிறிய அளவிலேயே பிரிகையடைகிறது. ஆனால் சோடியம் அசிடேட் உப்பு பெரு மளவில் பிரிகையடைகிறது. இதன் விளைவாகக் கரைசலில் ஏராளமான சோடியம் அயனிகளும் அசிடேட் அயனிகளும் இருக்கும். சில ஹைட்ரஜன் அயனிகளும் ஹைட்ராக்சில் அயனிகளும் கரைசலில் காணப்படும்.

NaA பிரிகையடைவதைப் பின்வருமாறு காட்டலாம்.

$$NaA \rightleftharpoons Na^{+} + A^{-}.$$

அசிடேட் அயனி (A^-) ஒரு காரத்தைப் போலச் செயல்படுகிறது. இத்தகைய கரைசலில் அமிலத்தைச் சேர்த்தால், ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாகும். அவை உடனடியாக அசிடேட் அயனிகளால் நடுநிலைப்படுத்தப்படும்.

$$A^{-} + H^{+} \rightleftharpoons HA.$$

இதில் தோன்றும் அசிடிக் அமிலம் சிறிதளவே பிரிகையடைவதால், தாங்கல் கரைசலின் PH மதிப்பில் பெரும் மாற்றம் ஏதும் ஏற்படுவதில்லை.

தாங்கல் கரைசலில் காரத்தை, அதாவது ஹைட்ராக்சில் (OH^-) அயனிகளைச் சேர்த்தால் அவற்றை அசிடிக் அமிலம் நடுநிலைப்படுத்திவிடுகிறது.

$$OH^{-} + HA \rightleftharpoons H_2O + A^{-}$$

இங்கு மீண்டும் தாங்கல் கரைசலின் PH மதிப்பில் மாற்றமேற்படுவதில்லை. இதே போல ஒரு வீரியமற்ற காரம், அதன் உப்பு ஆகியவை உள்ள ஒரு தாங்கல் கரைசல் செயல்படுவதை விளக்கலாம்.

ஹென்டர்சன்—ஹாசல் பால்ஷ் சமன்பாடு
(Henderson—Hassel balch Equation)

தாங்கல் கரைசலிலுள்ள பொருள்களின் விகிதங்களை மாற்றியமைத்து விருப்பமான PH மதிப்புள்ள கரைசல்களைப் பெறலாம் என முன்னமே சொல்லப்பட்டது.

ஒரு தாங்கல் கரைசலின் PH மதிப்பைக் கணக்கிட ஹென்டர்சன்ஹால் பால்ஷ் சமன்பாடு பயன்படுகிறது. அச்சமன்பாடு பின்வருமாறு :

$$PH = \log \frac{1}{K} + \log \frac{[\text{உப்பு}]}{[\text{அமிலம்}]}$$

இங்கு K என்பது வீரியமற்ற அமிலம் அல்லது காரத்தின் அயனியாக்கல் மாறிலி ; [உப்பு] என்பது கரைசலின் ஒரு

லிட்டரில் உள்ள உப்பின் கிராம் மூலக் கூறுகளின் எண்ணிக்கை ; [அமிலம்] என்பது ஒரு லிட்டரில் உள்ள அமிலத்தின் கிராம் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை கணக்கிடு முறையை இரு எடுத்துக் காட்டுகளின் உதவியால் விளக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 1

ஒரு தாங்கல் கரைசலின் ஒரு லிட்டரில் 0·2 கிராம் மூலக் கூறு அசிடிக் அமிலமும் 0·02 கிராம் மூலக்கூறு சோடியம் அசிடேட்டும் உள்ளன. 25°Cயில் அசிடிக் அமிலத்தின் அயனி யாக்கல் மாறிலி = $1 \cdot 8 \times 10^{-5}$ தாங்கல் கரைசலின் PH மதிப்பு என்ன ?

$$K = 1 \cdot 8 \times 10^{-5}$$

$$[\text{உப்பு}] = 0 \cdot 02 \ ; \ [\text{அமிலம்} = 0 \cdot 2$$

$$PH = \text{lgo} \frac{1}{1 \cdot 8 \times 10^{-5}} + \log \frac{0 \cdot 02}{0 \cdot 2} \doteq 3 \cdot 7447.$$

எடுத்துக்காட்டு 2

ஒரு தாங்கல் கரைசலின் ஒரு லிட்டரில் 0·02 கிராம் மூலக் கூறு சோடியம் அசிடேட்டும், 0·07 கிராம் மூலக்கூறு அசிடிக் அமிலமும் உள்ளன. 25°Cயில் அசிடிக் அமிலத்தின் $K = 1 \cdot 8 \times 10^{-5}$.

$$K = 1 \cdot 8 \times 10^{-5}$$

$$[\text{உப்பு}] = 0 \cdot 02 \ ; \ [\text{அமிலம்}] = 0 \cdot 07$$

$$PH = \log \frac{1}{1 \cdot 8 \times 10^{-5}} + \log \frac{0 \cdot 02}{0 \cdot 07} = 4 \cdot 2006.$$

இந்த எடுத்து காட்டுகளிலிருந்து தாங்கல் கரைசலில் உள்ள இரு பொருள்களில் ஒன்றின் அளவை மாற்றினால் PH மதிப்பு மாறுகிறது என்பது விளங்கும்.

PH மதிப்புகளைக் கண்டுபிடித்தல்

நிறமானி முறை (Colorimetric method)

இம்முறையில் ஒரு அனைத்து நிறங்காட்டி (universal indicator) பயன்படுத்தப்படுகிறது. அனைத்து நிறங்காட்டி என்பது பல நிறங்காட்டிகள் சேர்ந்த கலவையாகும்.

இதனுடன் அமிலத்தைச் சிறிது சிறிதாக கலந்தால், அதன் நிறம் படிப்படியாக கரு நீலத்திலிருந்து நீலம், பச்சை, மஞ்சள், ஆரஞ்சு இறுதியாக சிவப்பு ஆகிய நிறங்கள் மாறும். எனவே ஒரு அணைத்து நிறங்காட்டியையும், தெரிந்து PH மதிப்புள்ள தாங்கல் கரைசல் வரிசைகளையும் பயன்படுத்தி, ஒவ்வொரு PH மதிப்பிற்கும் ஒரு திடமான நிறத்தைப் பெறமுடியும்.

குறிப்பிட்ட பருமமுள்ள இந்த தாங்கல் கரைசல்களில் ஒவ்வொரு சொட்டு அணைத்து நிறங்காட்டி விடப்படுகிறது. அப்போது அக்கரைசல்கள் ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட நிறங்கொண்டதாயிருக்கும். PH மதிப்பு கண்டுபிடிக்கப் படவேண்டிய கரைசலையும் அதே பருமத்தில் எடுத்துக் கொண்டு அதில் ஒரு சொட்டு அணைத்து நிறங்காட்டியை விட்டால் அதில் தோன்றும் நிறத்தை, தாங்கள் கரைசல் வரிசையிலுள்ள நிறங்களோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கப்படுகிறது. அதன் நிறம் எந்தத் தாங்கல் கரைசலின் நிறத்தை ஒத்திருக்கின்றதோ, அந்தத் தாங்கள் கரைசலின் PH மதிப்பே, சோதனைக் கரைசலின் PH மதிப்பு ஆகும்.

இது ஒரு எளிய முறை. இதனால் விரைவாகவும் தோராயமாகவும் கரைசலின் PH மதிப்புகளைக் கண்டு பிடிக்கலாம். எனவே விரைவான முடிவுகள் தெரியவேண்டியபோது தொழில் துறைகளிலும், மருத்துவத்துறையிலும் இம்முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது.

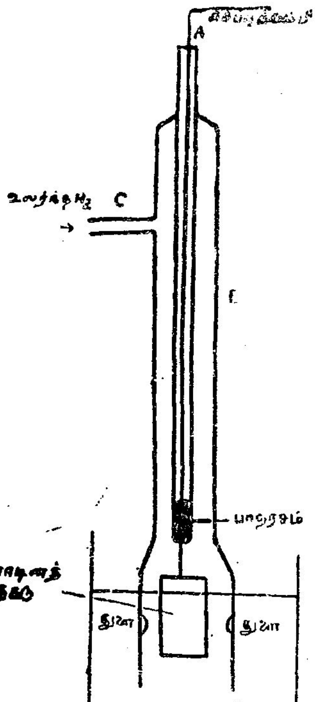
மின்னளவு முறை (Electrometric method)

இம்முறையில் ஒரு கரைசலின் PH-ஐ மிகத்துல்லியமாகக் கண்டுபிடிக்கலாம். ஒரு மின் பகு பொருள் கரைசலில் இரு உலோகத் தகடுகளை வைத்து அவற்றை ஒரு உலோகக் கம்பியினால் இணைத்தால், அதில் ஒரு மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இந்த அமைப்பு ஒரு கால்வனி அல்லது வோல்ட்டா மின்கலம் எனப்படும். உலோக மின்வாய்கள் கரைசலிலுள்ள அயனிகளுடன் தொடர்பு கொள்கின்றன. உலோகத்திற்கும் கரைசலுக்குமிடையில் சமநிலை ஏற்படுகிறது அதன் விளைவாக அவை எதிரெதிராக மின்னூட்டப்பட்டு ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு தோன்றும். இது மின்வாய் அழுத்தம் (Electrode Potential) எனப்படுகிறது. இத்தகைய மின் அழுத்தங்கள் (1) உலோகங்களுக்கும் வாயுக்களுக்கும் இடையிலும் (2) உலோகங்களுக்கும் கரைசல்களுக்கும் இடையிலும்

(3) வெவ்வேறு மின்பகு பொருள்களின் கரைசல்களுக்கு இடையிலும் (4) ஒரே மின்பகு பொருளின் வெவ்வேறு செறிவுகளுள்ள கரைசல்களுக்கிடையிலும் தோன்றக்கூடும். இரு மின்வாய் அழுத்தங்களின் இயல் கூட்டுத் தொகை, மின்கலத்தின், மின் இயக்குவிசை (E.M.F.) ஆகும். மின்வாய்கள் கரைசலைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கையில் மின்னியக்கு விசையின் பரிமாணம் இரு மின்வாய்களில் அயனிகளின் செறிவைப் பொறுத்துள்ளது. எனவே இத்தகைய ஒரு தொகுப்பின் மின்னியக்கு விசையை அளப்பதன் மூலம், ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவை அதாவது கொடுக்கப்பட்ட கரைசலின் PH மதிப்பைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

ஹைட்ரஜன் மின்வாய்

PH மதிப்பை அளப்பதற்கு பயன்படும் ஹைட்ரஜன் மின்வாயின் ஒரு எளிய மாதிரி படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. பிளாட்டினம் கருமை (மின்பகுப்பின் மூலம் படிய வைத்த பிளாட்டினம்) பூச்சுள்ள ஒரு பிளாட்டினத் தகடு A எனும் கண்ணாடிக் குழாயில் பொறுத்தப்பட்டிருக்கும். A யைச் சுற்றி B எனும் ஒரு வெளிக்குழாய் பற்றவைக்கப்பட்டுள்ளது. Aயில் சிறிது பாதரசம் இருக்கும். இப்பாதரசத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கிற ஒரு செப்புக் கம்பி வெளி மின் சுற்றுடன் மின் வாயை இணைக்கப்பயன்படுகிறது. மின்வாயை ஹைட்ரஜன் அயனிகள் அடங்கிய கரைசலில் மூழ்க்கி வைத்து C எனும் பக்கக் குழாய் வழியாக உலர்ந்த ஹைட்ரஜன் வாயுவை வளி அழுத்தத்தில் உட்செலுத்தப் படும். பிளாட்டின மின்வாய் பாதி கரைசலில் மூழ்கியும்,



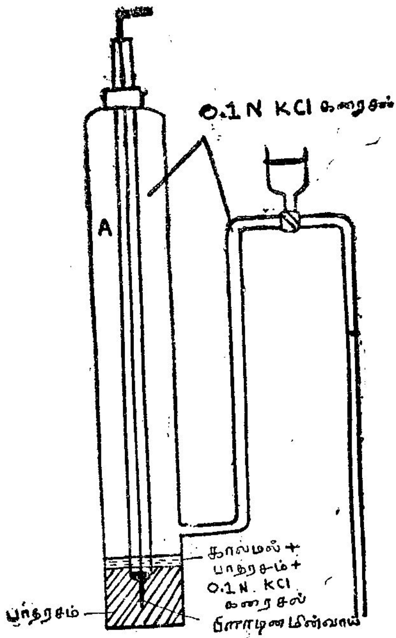
படம் 78

மீதி வாயுவினால் சூழப்பட்டும் இருக்கும் வகையில் கருவி பொருத்தப்படும். அடிப்பகுதியிலுள்ள துளைகள் வழியாக ஹைட்ரஜன் குமிழிகள் வெளிவரும்.

ஒரு லிட்டர் கரைசலில் ஒரு கிராம் அயனி ஹைட்ரஜன் அயனிகள் உள்ள, ஹைட்ரோகுளோரிக் போன்ற ஒரு அமிலத்தின் கரைசலில் மூழ்க்கி வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு ஹைட்ரஜன் மின்வாய் படித்தர மின்வாய் (Standard Electrode) எனப்படும். ஆனால் இத்தகைய லட்சிய நிலையிலுள்ள மின்வாயை ஏற்படுத்துவது எளிதான காரியமல்ல.

காலமல் மின்வாய் (Calomal Electrode)

இது ஒரு பாதரச அடர்வுசார் மின்வாய் (Concentration electrod) ஆகும். A எனும் குழாயில் பாதரசம் வைக்கப்பட்டு,



படம் 76

பாதரசம் பாதரச குளோரைடு 0·1 N பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசல் ஆகியவற்றாலான ஒரு பசையால் மூடப்

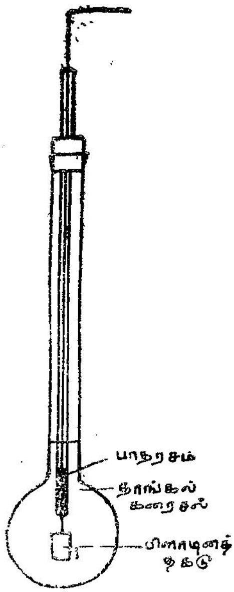
பட்டிருக்கும். கால மின்வாய் B எனும் பக்கக்குழாய் மூலமாக PH மதிப்பு கண்டுபிடிக்கவேண்டிய கரைசலின் இணைக்கப் படுகிறது.

காலமல் மின்வாய் ஒரு படித்தர மேற்கோள் மின்வாயாகப் (Standard Reference) பயன்படுகிறது. இதை அமைப்பதும் கையாளுவதும் சுலபம். அதன் மின்னழுத்தம் ஒரு மாறிலி. 25°Cயில் பொட்டாசியம் குளோரைடின் தெவிட்டிக் கரைச லுடன் காலமல் மின்வாயின் மின்னழுத்தம்—0·242 வோல்ட் ஆகும். 1N பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலூான் மின்வயம் அழுத்தம்—0 230 வோல்ட்டாகவும், 0·1N பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலுடன்—0·334 வோல்ட்டாகவும் இருக்கும்.

குயின் ஹைட்ரோன் மின்வாயைச் சுலபமாக அமைக்க லாம். PH கண்டுபிடிக்க வேண்டிய கரைசல் ஒருதக்க கலத் தில் எடுத்துக்கொள்ளப்படும். ஒரு தூய, பளப்பளப்பான பிளாட்டினத் தகட்டை சாராய விளக்கில் காட்டி செஞ்சூடாக் கிய பின், கசைலில் வைக்கப்படும். போதுமான குயின் ஹைட்ரோன் [சமமான மூலக்கூறு அளவு குயினோனும் (quinone) ஹைட்ரோகுயினோனும் கலந்த ஒரு சேர்மம்] எனும் பொருளைக் கரைசலில் சேர்த்துத் தெவிட்டிய நிலைக்குக் கொண்டுவரப்படும். இத்தகைய அமைப்பு குயின் ஹைட் ரோன் மின்வாய் எனப்படும். இது உயிரியல் திரவங்களின் PH மதிப்பைக் கண்டுபிடிப்பதில் பெருமளவு பயன்படுத்தப்படு கிறது. எளிதாக ஆக்சிஜனிறக்கமாகக் கூடிய பொருள்கள் உள்ள கரைசல்களைச் சோதிக்க மற்ற மின்வாய்களைவிட குயின் ஹைட்ரோன் மின்வால் சிறந்தது. ஹைட்ரஜன் மின்வாயுளுள் ளதைப் போல இதில் கரைந்த வாயுக்கள் இடப்பெயர்ச்சி அடைவதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக இரத்தத்தின் PH மதிப் பைக் கண்டுபிடிக்க ஹைட்ரஜன் மின்வாயைப் பயன்படுத்தி ஞல், இரத்தத்திலுள்ள கரிமியலவாயுவை ஹைட்ரஜன் வெளி யேற்றி விடுகிறது. அதனால் திரவத்தின் PH மதிப்பு பாதிக்கப் படும். மேலும் சோதனைக் கரைசல் மிகக்குறைந்த அளவி லேயே கிடைப்பதாக இருந்தால், குயின் ஹைட்ரோன் மின்வாயே ஏற்றதாகும். ஆனால் இதிலுள்ள ஒரு பெருங்குறை என்னவென்றால் கரைசல் அமிலத்தன்மையுள்ளதாகவோ, லேசாக காரத்தன்மையுள்ளதாகவோ இருந்து, PH மதிப்பு எட்டுக்கு மேற்படாமலிருக்கும் போதுதான் குயின்ஹைட்ரோன் மின்வாய் துல்லியமான முடிவுகளைத் தருகிறது. 25°Cயில் குயின் ஹைட்ரோன் மின்வாயின் படித்தரமின்வாய் அழுத்தம் —0·6994 வோல்ட் ஆகும்.

கண்ணாடி மின்வாய் (Glass Electrode)

ஒரு கண்ணாடிப் பரப்பு கரைசலைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் போது அதில் ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு ஏற்படுகிறது. அதன் பரிமாணம் கரைசலில் ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவைப் பொருத்துள்ளது. கண்ணாடி மின்வாய் அமைப்புப் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



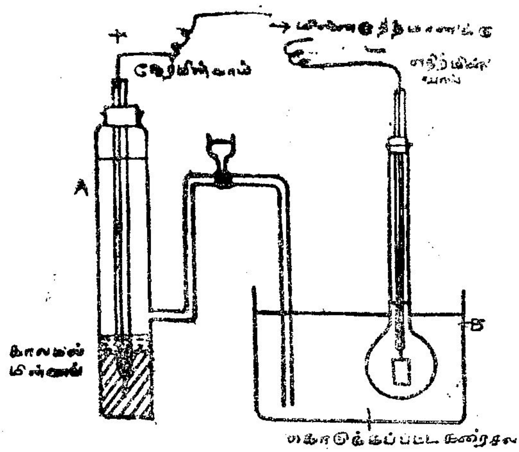
படம் 77

குறைந்த உருகுநிலையும் உயர்ந்த மின் கடத்து திறனும் உள்ள ஒரு குழாயின் ஒரு முனையை மெல்லிய சுவருள்ள குமிழாக ஊதிக் கொண்டு அதில் PH மதிப்பு 4 ஆக உள்ள ஒரு தாங்கல் கரைசல் நிரப்பப் படும். தாங்கல் கரைசலில் சிறிது குயின் ஹைட்ரோனைக் கரைக்கப்படும். குயின் ஹைட்ரோன் அடங்கிய ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தின் திட்டக் கரைசலை (Normal solution)யும் குமிழுக்குள் நிரப்பலாம். பிளாட்டினத் தகடு பற்ற வைக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குழாயை குமிழில் பொருத்தி பிளாட்டினத் தகடு கரைசலில் மூழ்கியிருக்குமாறு செய்யப் படும். இதுவே கண்ணாடி மின்வாயின் அமைப்பு ஆகும்.

ஹைட்ரஜன் மின்வாயும், குயின் ஹைட்ரோன் மின்வாயும் உபயோகிக்கப்பட முடியாத சூழ் நிலைகளில் கண்ணாடி மின்வாய் பயன்படுத்தப்படுகிறது. தீவிரமான ஆக்சிஜனேற்றிகள் உள்ள கரைசல்களுக்கும் PH மதிப்பை இந்த மின்வாயைப் பயன்படுத்திக் கண்டுபிடிக்கலாம். உலோக அயனிகள், நஞ்சுகள் ஆகியவற்றினாலும் இது பாதிக்கப்படுவதில்லை. பொருள் கூழாக இருந்தாலும் இதைப் பயன்படுத்தலாம். ஆனால் PH மதிப்பு 9க்கு மேல் உள்ள கரைசல்களுக் கண்ணாடி மின்வாய் பயன்படாது. கண்ணாடிச் சவ்வின் மின்தடை மிக அதிகமானதால், மின்னழுத்தத்தை அளப்பதற்கு ஒரு தனிவகை கால்வனோ மீட்டர் தேவைப்படும். சில அனுகூலங்கள் காரணமாக இந்த மின்வாய் PH அளக்கும் கருவிகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. **கண்ணாடி மின்வாயின் அழுத்தம் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. கண்ணாடியின் தன்மையையும் வெப்பநிலையையும் பொறுத்திருக்கும்.**

மின்னளவு முறையில் ஒரு கரைசலின் PH மதிப்பைக் கண்டு பிடித்தல்

ஒரு தனி மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தை நேரடியாகக் கண்டு பிடித்தல் இயலாத காரியம். கொடுக்கப்பட்ட



படம் 78

மின்வாயை, இன்னொரு படித்தர மின்வாயுடன் சேர்த்து ஒரு வோல்ட்டா மின்கலத்தை உருவாக்க வேண்டும். இந்த வோல்ட்டா மின் கலத்தின் மின்னியக்கு விசையை அளந்து விடலாம். படித்தா மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தையும், வோல்ட்டா மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையையும் தெரிந்து கொண்டு கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தைக் கண்டு பிடிக்க லாம். இவ்வாறு அமைக்கப்படும் வோல்ட்டா மின்கலம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போலிருக்கும்.

PH மதிப்பு கண்டு பிடிக்கப்பட வேண்டிய கரைசல் B எனும் பாத்திரத்தில் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு காலமல் மின்வாயின் பக்கக்குழாயில் 0·1 N பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலை நிரப்பி அதை Bயிலுள்ள கரைசலில் அமுக்கி வைப் பதன் மூலம் காலமல் மின்வாய்க்கும் சோதனைக் கரைசலுக்கு மிடையில் தொடர்பு ஏற்படுத்தப்படுகிறது. பின்னர் படத்தில் காட்டியபடி ஒரு கண்ணாடி மின்வாய் சோதனைக் கரைசலில் வைக்கப்படும். இரு மின்வாய்களையும் தக்கபடி ஒரு மின் னழுத்த மானியுடன் இணைத்து இந்த வோல்ட்டா மின் கலத்

தின் மின்னியக்கு விசை அளக்கப்படுகிறது. Bயில் உள்ள கரைசலின் தன்மையைப் பொறுத்து ஹைட்ரஜன் மின்வாயையோ, குயின் ஹைட்ரோன் மின்வாயையோ பயன் படுத்தலாம். குயின் ஹைட்ரோன் மின்வாயை அமைப்பதற்கு Bயிலுள்ள கரைசலில் போதுமான அளவு குயின் ஹைட்ரோனைக் கலந்து ஒரு பிளாட்டினத் தகட்டை அதில் தொங்க விட்டு விட்டால் போதுமானது.

PH மதிப்பைக் கணக்கிடுதல்

25°Cயில் அளக்கப்பட்ட மின்னியக்கு விசை—காலமல் மின்வாயின் மின்னழுத்தம் $= 0 \cdot 0592 \log \frac{1}{[H^+]}$

இதில் $[H^+]$ என்பது கொடுக்கப்பட்ட கரைசலில் ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவு.

25°Cயில் $0 \cdot 1N$ பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசல் கொண்ட ஒரு காலமல் மின்வாயின் மின்னழுத்தம் $= 0 \cdot 3358$ வோல்ட்டுகள்.

எனவே அளக்கப்பட்ட மின்னியக்கு விசை—$0 \cdot 3358$

$$= 0 \cdot 0592 \log \frac{1}{[H^+]}$$

இதிலிருந்து $\log \frac{1}{[H^+]}$ PHன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

பயன்படுத்தப்படும் படித்தர காலமல் மின்வாயின் மின் னழுத்தம் பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலின் செறிவையும் வெப்பநிலையையும் பொறுத்திருக்கும்.

இச்சமன்பாட்டில் $\log \frac{1}{[H^+]}$ ஐப் பெருக்கவேண்டிய காரணியும் வெப்பநிலையைப் பொறுத்துள்ளது.

எனவே பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலின் செறிவை யும், வெப்பநிலையையும் பொறுத்து காலமல் மின்வாயின் மின் னழுத்தம், $\log \frac{1}{[H^+]}$ ஐப் பெருக்க வேண்டிய காரணி ஆகிய வற்றிக்குத் தக்க மதிப்புகளைச் சமன்பாட்டில் பதிலீடு செய்து கொள்ள வேண்டும்.

மிகக்குறைந்த அளவிலுள்ள திரவத்தின் PH மதிப்பைக் கண்டுபிடித்தல்

திரவத்தின் சிலதுளிகளே கிடைக்கும் என நிலை ஏற்பட்டால், நிறமானி முறையைப் பயன்படுத்தி அதன் PH மதிப்பைக் கண்டுபிடிக்கலாம். நிறங்காட்டி முறையில் செய்தது போலவே தெரிந்த அளவுள்ள திரவத்தோடு அளைத்து நிறங்காட்டியைக் கலந்து அக்கலவயை சீரான துளையுள்ள ஒரு நுண் புழைக் குழாயுனுள் இழுக்கவேண்டும். அதே போன்ற பல நுண்புழைக்குழாய்களில் வரிசையாக வைக்கப்பட்டிருக்கும் படித்தரக் கலவைகளின் நிறங்களோடு இந்தக் கலவையின் நிறத்தை ஒப்பிட்டு பார்த்து PH மதிப்பு கண்டுபிடிக்கப்படும். பல தாங்கல் கரைசல்களைப் பயன்படுத்துவதற்குப்பதிலாக படித்தர வர்ண அட்டைகளையாவது, வர்ணக்கண்ணுடிகளையாவது பயன்படுத்துவதும் உண்டு.

நிறமுள்ள திரவத்தின் PH மதிப்பைக் கண்டுபிடித்தல்

(a) சோதிக்கப்படும் திரவம் நிறமுள்ளதாக இருக்கும் பேழுதுகூட நிறமானி முறையைப் பயன்படுத்தலாம். முதலில் படித்தர தாங்கல் கரைசல்களில் தக்கதொரு சாயத்தைக் கலந்து அவை சோதனைத் திரவத்தின் நிறத்தைப் பெற்றிருக்குமாறு செய்யப்படும். பிறகு முன் போலவே நிறங்காட்டி முறையில் கரைசலின் PH மதிப்பு கண்டுபிடிக்கப்படும்.

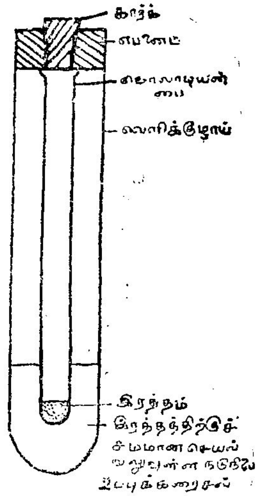
(b) தாங்கல் தன்மை அதிகமாக உள்ள நிறமுள்ள திரவங்களில் காய்ச்சி வடித்த நீரைக் கலந்து அவற்றின் நிறம் கண்ணுக்குப் புலப்படாதவாறு செய்து விட்டுப் பின்னர் முன் போலவே நிறங்காட்டி முறையில் PH மதிப்பு கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது.

இவ்விரு முறைகளும் இரத்தத்தையும், மிகவும் நிறமுள்ள சிறு நீரையும் சோதிக்கப் பயன்படுகின்றன.

டேல், இவான் முறையில் இரத்தத்தின் PH மதிப்பை கண்டுபிடித்தல்

பருத்திப் பஞ்சை நைட்ரிக் சல்பியூரிக் அமிலக் கலவையில் ஊறவிட்டால் வெடிபஞ்சு (gun cotton) கிடைக்கிறது. அதை ஈதரில் கரைத்தால், கொலோடியன் (Collodion) எனும் கரைசல் கிடைக்கும். அதைக் காற்றில் திறந்து வைத்தால் ஒரு பகுதி விடு சவ்வுப்படலமாக இறுகும். அத்தகைய படலத்தைப் பைவடிவில் உருவாக்கி அதை ஒரு துளையுள்ள எபனைட் தக்கை

யில் பொருத்தப்படும். ஒரு நடுநிலைக் கண்ணுடியான சோதனைக் குழாயில் நடு நிலை உப்புக் கரைசலில் சுமார் மூன்று மிலி லிட்டர் எடுத்துக் கொண்டு, எபனைட் தக்கையை அதில் இறுகச் சொருகி விடப்படும். உப்புக் கரைசல் இரத்தத்திற்குச் சமமான செயல் வலு வுள்ளதாக இருக்க வேண்டும். உடலி லுள்ள இரத்தக் குழாயிலிருந்து நேரடி யாக மூன்று மிலி லிட்டர் இரத்தத்தைக் கொலாடியன பைக்குள் செலுத்தி அதை ஒரு கார்க்கினுல் மூடிவிடப்படும். இதனுல் இரத்தத்திலிருந்து கரியமில வாயு வெளியேறுவது தடுக்கப்படுகிறது. கூழ்ப்பிரிகை (Dialysis) நிகழ்ந்து சுமார் 15 நிமிடங்களில் பூர்த்தியடையும். பின் னர் கொடியன் பையை வெளி யிலெடுத்து விட்டு உப்புக் கரைசலின் PH மதிப்பை நிறமானி முறையில் கண்டுபிடிக்கப்படும். இது இரத்தத்தின் PH மதிப்பிற்குச் சமமாகும்.



படம் 79

இரத்தத்தில் அமில-காரச் சமநிலையைப் பராமரித்தல்

சாதாரணமாக உடல் நலமான மனிதனின் இரத்தத்தின் PH மதிப்பு சுமார் 7·35 எனும் மாருத அளவிலிருக்கிறது, அது நடு நிலைக்கு லேசாக காரத்தன்மைத் திசையிலுள்ளது. உணவு உட்கவரப்படுகின்ற செயல்களினுல், ஹைட்ரோக்குளோரிக், கார்பானிக், சல்பியூரிக், லாக்டிக் அமிலம் போன்ற அமிலங்கள் உடலில் தொடர்ந்து உற்பத்தியாக்கிக் கொண்டிருக்கின்றன. அப்படி இருந்தும் கூட இரத்தத்தின் PH எப்போதும் சுமார் 7·35 ஆகவே உள்ளது. இதில் சிறிய அளவு மாற்றங்கள் இருக்கக் கூடும். ஆனுல் PH கணிசமாக மாறினுல் உடல் நலம் கெட்டுவிடும். நோயுற்ற நிலையில் கூட சாதாரணமான மதிப்பி லிருந்து PH பெருமளவு மாறுவதில்லை. இருப்பினும் நீரிழிவு மயக்க நிலையில் (Diabetic Coma) இரத்தத்தின் PH மதிப்பு 6·82 அளவிற்குக் குறைந்து விடக்கூடும். இரத்தத்தில் ஹைட்ரஜன் அல்லது ஹைட்ராக்சைடு அயனிகளின் செறிவு அதிகரித்தும் கூட PHன் மதிப்பு ஏறக்குறைய மாருமலிருப்பது, இரத்தத்தில் ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவு மாற்றங்களின் விளைவுகள் ஏதோ ஓர் அல்லது பலவழிகளில் மாற்று செய்யப்பட்டு விடு கின்றன எனக்காட்டுகிறது.

இரத்தத்தில் அமில-காரச் சகநிலை பலவழிகளில் பராமரிக்கப்படுகிறது. இரத்தத்திலுள்ள தாங்கல் அமைப்புகள், நுரையீரல்கள் கரியமிலவாயுவை வெளியேற்றுவது, சிறுநீரகங்கள் நிலையாக்கப்பட்ட (fixed) அமிலங்களை வெளியேற்றுவது ஆகியவை. இவ்வாறு அமில-காரச் சமநிலையைப் பராமரிப்பதில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கின்றன.

(a) ***இரத்தத்தின் தாங்கல்கள்*** (Buffers of blood)

இரத்தத்தில் உள்ள தாங்கலை இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவையாவன :

(1) பிளாஸ்மாவிலுள்ள தாங்கள் (முதன்மைத் தாங்கல்கள்)

(2) அணுக்களில் உள்ள தாங்கல்கள் (உபதாங்கள்)

(2) முதன்மைத் தாங்கள்

பிளாஸ்மாவில் மூன்றுவகையான முக்கியமான தாங்கல் அமைப்புகள் உள்ளன. அவையாவன :

(i) கார்பானிக் (வீரியமற்ற அமிலம்) அமிலமும் சோடியம் பை கார்பனேட்டும் (வீரியமற்ற அமிலத்தின் உப்பு).

பிளாஸ்மாவில் இவற்றின் விகிதம் $= \frac{H_3CO_3}{NaHCO_3} = \frac{1}{20}$

இந்த இரு பொருள்களும் பின்வருமாறு பிரிகையடையும்.

$$NaHCO_3 \rightleftharpoons Na^+ + HCO_3^- \quad (1)$$

$$H^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3 \quad (2)$$

$$H_2CO \rightleftharpoons H_2O + CO_2 \quad (3)$$

$$H_2CO + OH^- \rightleftharpoons H_2O + HCO_3^- \quad (4)$$

தாங்கலில் அமிலத்தைச் சேர்க்கும்போது ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு அதிகரித்து, அமிலத்தின் ஹைட்ரஜன் அயனிகள் பைகார்பனேட் அயனி (HCO_3^-) யுடன் வினைபுரிகின்றன

(2) அதனுல் கார்பானிக் அமிலம் எனும் வீரியமற்ற அமிலம் தோன்றுகிறது. அதன் அயனிப் பிரிகை மிகச் சிறிய அளவில் இருக்கும். அதன் விளைவாக கார்பானிக் அமிலத்தின் செறிவு அதிகமாகும். பின்னர் (3) வது வினை நிகழ்ந்து நுரையீரல் களின் வழியாகக் கரியமிலவாயு வெளியேற்றப்படுகிறது. ஆகவே மொத்தத்தில் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு அதிகரிப்ப தில்லை.

PH மதிப்பு 6·48 ஆக உள்ளபோது பைகார்பனேட் தாங்கல் திறமையாக வினைபுரிகிறது. ஆனுல் இரத்தத்தின் PH = 8·35. இது ஒரு குறிப்பிடத்தக்க விஷயம். ஏனெனில் இரத்தத்தில் ஹைட்ரஜன் அயனியின் செறிவு அதிகரிக்கும் போது PH மதிப்பு 7·35 லிருந்து குறைந்து தாங்கல் பெரும அளவு திறம்பட வினை புரிய ஏதுவான மதிப்பை நெருங்கி வருகிறது. வழக்கமாக PH மதிப்பு குறைவதற்கு ஏதுவான மாற்றங்களே நிகழ்ந்து, தாங்கல் அமிலத்தின் விளைவிற்கு மாற்றுகவே வினைபுரிகிறது.

உடலில் தோன்றும் பாஸ்பரிக் அமிலம், லாக்டிக் அமிலம் போன்ற நிலைத்த அமிலங்களும் இவ்வாறே வெளியேற்றப்படு கின்றன. நிலைத்த அமிலங்கள் எளிதில் ஆவியாக மாருது. ஆனுல் கார்பானிக் அமிலம் எளிதாகக் கரியமில வாயுவை வெளிவிட்டு விடுகிறபடியால் அது ஒரு நிலைத்த அமிலம் அல்ல. நிலைத்த அமிலங்கள் பாஸ்பேட்டுகள், சல்பேட்டுகள் போன்ற நடுநிலை உப்புகளாக மாற்றப்பட்டு, இந்த உப்புகள் சிறுநீரில் வெளியேறிவிடும். கரியமிலவாயு நுரையீரல் வழியாக வெளி யேறும்.

$$H_2SO_4 + 2NaHCO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2 \uparrow .$$

மேலும் அமிலங்களின் மேல் தாங்கல் விளைவிஞல் தோற்று விக்கப்படும் கரியமிலவாயு எளிதாக நுரையீரல்களினுல் வெளி யேற்றப்பட்டு விடுவதால் இந்த தாங்கல் அமைப்பு சிறப்புடைய தாகிறது.

காரம் சேர்க்கப்படும்போது ஹைட்ராக்சைடு அயனிச் செறிவு அதிகமாகி அல்லது ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு குறைந்து PH அதிகரிக்கிறது. தாங்கலிலுள்ள வீரியமற்ற கார்பானிக் அமிலம் (4)ம் சமன்பாட்டின்படி OH^- அயனிகளை நடுநிலையாக்கி விடுகிறது.

$$H_2CO_3 + OH^- \rightleftharpoons HCO_3^- + H_2O.$$

இங்கும் OH^+ நடுநிலையாக்கப்படுவதால் PHன் மதிப்பில் ஏற்படும் உயர்வு தடுக்கப்படுகிறது. பைகார்பனேட் தாங்கல் வினை புரிகையில் அமிலங்களோடு இணைவதால் காரத்தில் ஏற்படும் இழப்பு அற்பமானது என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

கடுமையான இரத்தப்போக்கு (Haemorrhage) ஏற்படும் போது இரத்தத்தின் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு அதிகரிக்கிறது. அதனால் ஹீமோகுளோபின் ஆக்சிஜனோடு இணைவதற்கான ஆற்றல் குறைகிறது. இதன் காரணமாகத் தாங்கல் விளைவு குறைக்கப்படுகிறது. எனவே சோடியம் பைகார்பனேட் கலந்த உப்புக் கரைசல் உடலினுட் செலுத்தப்படுகிறது. சோடியம் பைகார்பனேட் PH மதிப்பை 7·35க்கு உயர்த்தி தாங்கல் விளைவையும் அதிகப்படுத்துகிறது.

(ii) *பாஸ்பேட் தாங்கல்*

இதில் சோடியம் டைஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட்டும் (NaH_2PO_4—வீரியமற்ற அமிலம்) டைசோடியம் ஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட்டும் (Na_2HPO_4—வீரியமற்ற அமிலத்தின் உப்பு) உள்ளன.

இதிலுள்ள சமநிலைகளாவன :

$$NaH_2PO_4 \rightleftharpoons Na^+ + H_2PO_4^- \quad (1)$$

$$Na_2HPO_4 \rightleftharpoons 2Na^+ + HPO_4^- \quad (2)$$

$$H_2PO_4^{--} + OH^+ \rightleftharpoons H_2PO_4^- \quad (3)$$

$$H_2PO_4^- + OH^- \rightleftharpoons H_2O + HPO_4^{--} \quad (4)$$

தாங்கலுடன் ஒரு அமிலத்தைச் சேர்த்தால் (3) வது வினை நிகழ்ந்து வீரியமற்ற அமிலம் ($H_2PO_4^-$) தோன்றுகிறது. இது அமிலத்துடன் வினை புரிகின்ற உபபாஸ்பேட் ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக,

$$HCl + Na_2HPO_4 \longrightarrow NaH_2PO_4 + NaCl.$$

வினை பொருளான சோடியம் குளோரைடு ஒரு நடுநிலை உப்பு. Na_2HPO_4 ஒரு வீரியமற்ற அமிலம். அது கரைசலில் மிகச் சிறிய அளவில் பிரிகை அடைகிறது. முதன்மை பாஸ்பேட் Na_3HPO_4 (வீரியமற்ற அமிலம்) உருவாவதால் தாங்கல் கலவையில் அமிலத்தின் விகிதம் அதிகரிக்கிறது. எனவே கலவையில் துவக்கத்திலிருந்த கலப்பு விகிதத்தைப் பராமரிப்பதற்காக உபரியாயுள்ள முதன்மை பாஸ்பேட் சிறுநீரின் மூலம் வெளியேற்றப்படுகிறது.

தாங்கலுடன் ஒரு காரத்தைச் சேர்த்தால், (4)ம் சமன்பாட்டின்படி ஹைட்ராக்சைடு அயனிகள் நடுநிலையாக்கப்படுகின்றன. காரத்துடன் முதன்மை பாஸ்பேட் வினை புரிகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக,

$$NaOH + NaH_2PO_4 \rightarrow Na_2HPO_4 + H_2O.$$

இந்த வினையின் விளைவாக ஒரு வீரியமற்ற காரமான Na_3HPO_4+ம் நீரும் தோன்றுகின்றன. அவை மிகச் சிறிய அளவில் பிரிகை அடைந்திருக்கும். இவை தோன்றுவதால் PH மதிப்பு மாருமலிருக்கிறது. இங்கும் உபரியான Na_2HPO_4 சிறுநீரின் வழியாக வெளியேற்றப்படுவதால், தாங்கலின் கலப்பு விகிதம் பராமரிக்கப்படுகின்றது. அமிலத்துடன் இணைவதால் சிறிதளவு காரம் இழக்கப்படுகிறது.

(iii) புரோட்டீன் தாங்கல்கள்

இவை தனி புரோட்டீன்களும் (H புரோட்டீன் அமிலம்) புரோட்டீனின் சோடிய உப்புகளும் (வீரியமற்ற அமிலத்தின் சோடியம் புரோட்டீனேட் உப்பு) கலந்த கலவையாகும்.

தாங்கலுடன் ஒரு அமிலத்தைச் சேர்த்தால், சோடியம் புரோட்டீனேட், ஹைட்ரஜன் அயனிகளுடன் பின்வருமாறு வினை புரிகின்றது.

$$HCl + Na\ \text{புரோட்டீனேட்} \rightarrow H\ \text{புரோட்டீன்} + NaCl.$$

சிறிய அளவில் அயனிப் பிரிகை அடைகின்ற H புரோட்டீன் உருவாவதால் உபரியான H^+ அயனிகள் நீக்கப்படுகின்றன.

ஒரு காரத்தைச் சேர்க்கும்போது தாங்கலின் H புரோட்டீன் OH^+ அயனிகளுடன் வினை புரிகின்றது.

$$NaOH + H\ \text{புரோட்டீன்} \rightarrow Na\ \text{புரோட்டீனேட்} + H_2O.$$

சிறிய அளவில் அயனிப் பிரிகை அடையும் நீர் உருவாகி உபரியான OH^+ அயனிகள் வெளியேற்றப்படுகின்றன.

(2) **துகள்களின்** (Corpuscles) **தாங்கல்கள் (உபதாங்கல்கள்)**

இவற்றில் பின்வரும் நான்கு வகையான அமைப்புகள் முக்கியமாக உள்ளன.

(i) கார்பானிக் அமிலமும், பொட்டாசியம் பைகார்பனேட்டும்.

(ii) பொட்டாசியம் டைஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட்டும் (KH_2PO_4) டைபொட்டாசியம் ஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட்டும் (K_2HPO_4).

இவற்றின் செயல்முறைகள் பிளாஸ்மா தாங்கல்களில் முதல் இரு வகைகளின் செயல் முறைகளைப் போன்றே உள்ளது.

(iii) ஹீமோகுளோபினும் (H·Hb) ஹிமோகுளோபினின் பொட்டாசியம் உப்பும் (K·Hb).

இதில் ஹீமோகுளோபின் வீரியமற்ற அமிலமாகவும் பொட்டாசியம் உப்பு வீரியமற்ற அமிலத்தின் உப்பாகவும் செயல்படுகின்றன.

கார்பானிக் அமிலம் போன்ற ஒரு வீரியமற்ற அமிலத்தைச் சேர்த்தால் பின்வரும் வினை நிகழ்கிறது. $KHb + H_2CO_3 \rightarrow HHb + KHCO_3$.

ஹீமோகுளோபினின் பொட்டாசிய உப்பு, அமிலத்தை நடுநிலைப்படுத்தும் காரமாகச் செயல்படுகின்றது.

காரத்தைச் சேர்க்கும்போது அதோடு வீரியமற்ற அமிலமான ஹீமோகுளோபின் வினை புரிகின்றது. $HHb + KOH \rightarrow KHb + H_2O$. OH^+ அயனிகள் சிறிய அளவில் பிரிகையான நீராக வெளியேற்றப்படுகின்றன. அதனால் PH மாற்றமடையாமலிருக்கின்றது.

(iv) ஆக்சி ஹீமோகுளோபினும் ($H \cdot HbO_2$) ஆக்சி ஹிமோகுளோபினின் பொட்டாசிய உப்பும் ($KHbO_2$).

இதில் ஆக்சி ஹீமோகுளோபின் வீரியமற்ற அமிலமாகவும் பொட்டாசிய உப்பு வீரியமற்ற அமிலத்தின் உப்பாகவும் செயல்

படுகின்றன. இவற்றின் செயல்படு முறைகளும் மேலே கண்ட (iii)ல் உள்ளது போலவே இருக்கும்.

ஹீமோகுளோபின், முக்கியமாக கார்பானிக் அமிலத்தின் விளைவிற்கு மாற்றுன தாங்கல் விளைவை ஏற்படுவதில் பங்கு வகிக்கிறது.

(b) நுரையீரல்கள் கரியமில வாயுவை வெளியேற்றல்

இரத்தத்தில் கரைந்துள்ள கரியமில வாயுவின் செறிவு அதிகரிக்கும்போது அதிலுள்ள ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவும் அதிகமாகிறது. ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவு அதிகரித்தால் ஹீமோகுளோபின் ஆக்சிஜனுடன் இணைவதற் கான ஆற்றல் குறைகிறது. இரத்தத்தில் ஹைட்ரஜன் அயனி களின் செறிவு அதிகரிப்பது சுவாச மண்டலத்தைப் பாதிக்கும். அதனுல் பெருமூச்சுகள் தூண்டப்பட்டு, நுரையீரல்களின் வழி யாக உபரியான கரியமிலவாயு வெளியேற்றப்படுகிறது.

நுரையீரல் நோயுற்றபோது, கரியமிலவாயு திறம்பட வெளியேற்றப்படாமல் அசிடோசிஸ் (acidosis) ஏற்படுகின்றது. அதிகமாக கரியமிலவாயு இழக்கப்படும்போது மேல்மூச்சு வாங்கும் நிலையான அல்கலோசிஸ் (alkalosis) ஏற்படும். அசிடோசிஸ் இரத்தத்திலுள்ள கார இருப்பான பிளாஸ்மா பைகார்பனேட்டின் அளவு குறைந்து விட்டது என்பதைக் குறைக்கின்றது. இரத்தம் அமிலத் தன்மை அடைந்து விட்டது என்று இதற்குப் பொருளல்ல. ஏனெனில் அமிலத் தன்மை யுள்ள இரத்த உடல் நலத்திற்கு ஒத்ததல்ல. அதேபோல அல்கலோசிஸ் இரத்தத்தில் கார இருப்பின் (Alkali Reserve) அளவு அதிகரித்து விட்டதைக் குறிக்கின்றது. இது இரத்தத் தின் PH அளவு அதிகரித்துள்ளது என்று காட்டுவதாகப் பொருள் கொள்ள வேண்டியதில்லை.

(c) சிறுநீரகங்கள் நிலைத்த அமிலங்களை வெளியேற்றுதல்

இரத்தத்தின் PH அளவை மாருமல் பராமரிப்பதில் சிறு நீரகங்களும் முக்கியமான பங்கு வகிக்கின்றன. இரத்தத்தின் PH அளவைப் பொருத்து அவை அதிகமாகவோ குறைவாகவோ அமிலத்தை உண்டாக்குகின்றன. அவை சாதாரணமாக கார பாஸ்பேட்டுகளைவிட அமில பாஸ்பேட்டுகளை அதிக அளவில் வெளியேற்றும். இதனுல் கார இருப்பு அளவு குறை

யாமல் பராமரிக்கப்படுகிறது. கார பாஸ்பேட் கார்பானிக் அமிலத்துடன் இணைந்து அமில பாஸ்பேட்டும், சோடியம் பைகார்பனேட்டும் உண்டாகின்றன.

$$Na_2HPO_4 + H_2CO_3 \rightarrow NaHCO_3 + NaH_2PO_4.$$

சோடியம் பைகார்பனேட் உண்டாவதால் கார இருப்பு அதிகமாகிறது.

உபரியான அமிலம் சிறுநீரில் கலப்பதால், சிறுநீரின் PH மாறிவியல்ல. அது ஏழிலிருந்து 4·82 வரை மாறிக் கொண்டிருக்கும்.

இரத்தத்தின் சாதாரண PH அளவைப் பராமரிப்பதற்காக அசிடோசிஸின்போது அதிக அளவில் அமில பாஸ்பேட்டுகளும், ஆல்கலோசிஸின்போது அதிக அளவில் கார பாஸ்பேட்டுகளும் சிறுநீரில் வெளியேற்றப்படுகின்றன.

சிறுநீரகத்தில் அமோனியா தோன்றுதல்

குளுடாமினேஸ் என்சைமின் வினையினால் சிறுநீரகத்தில் குளுடாமினிலிருந்து அமோனியா உண்டாக்கப்படுகிறது. ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவு அதிகரிக்கும்போது, அமோனியா அவற்றை நடுநிலையாக்கி, அமோனியம் உப்புகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. இந்த உப்புகள் சிறுநீரில் வெளியேற்றப்படுகின்றன. தேவைப்படுகையில் குளுடாமின் அமோனியாவை விடுவித்து விடுகிறது. அதை அமோனியாவிலிருந்து தொகுக்கலாம். இவ்வாறு குளுடாமின் அமோனியாக் கிடங்காகச் செயல்படுகிறது.

நுண்ணுயிரியல் பயன்கள் (Bacteriological Applications)

ஊடகத்தின் PH மதிப்பு ஒரு குறிப்பிட்ட வரம்புகளுக்குள்ளிருக்கும்போதுதான் பாக்டீரியாக்களின் தன்மைக்குத் தக்கபடி மாறும். இந்த வரம்புக்குள்ளும் ஒவ்வொரு பாக்டீரியாவிற்கும் உகப்பான (optimum) ஒரு PH மதிப்பு உள்ளது. எனவே பாக்டீரியாக்களை ஆராயும்போது அவற்றை வளரவிடும் ஊடகத்தின் (culture) PH மதிப்பைச் சரிப்படுத்துவது அதிமுக்கியமானதாகும். பாக்டீரியா வளரும்போது ஊடகத்தின் PH மதிப்பு மாறிவிடவும் கூடும். ஆகவே ஊடகத்தைத் தக்கபடி தாங்கல் செய்து, PHன் மதிப்பை மாருமல் பராமரிக்க வேண்டும்.

உடல் திரவங்களின் PH மதிப்புகள்

சில முக்கியமான உடல் திரவங்களின் PH மதிப்புகள் பின்வருமாறு :

ஆரோக்கியமான இரத்தம்	7·4—7·5
அசிடோசிஸ் இரத்தம்	7·3க்குக் குறைவு
அல்கலோசிஸ் இரத்தம்	7·45க்கு மேல்
இரைப்பை திரவம் (Gastric Juice)	1·4—2
சிறுகுடல் திரவம் (Intestinal Juice)	7·1—82
உமிழ்நீர் (Saliva)	6·35—6·85
பித்தநீர் (Bile)	7·8
மூளைத்தண்டு வடத்திரவம் (Cerebrospinal fluid)	7·4
சிறுநீர்	5—7

ஜீரண திரவம் தீவிரமான அமிலத் தன்மையுடையதாக இருப்பதைக் கவனிக்கவும். ஜீரணத்தின்போது புரோட்டீன்கள் இருப்பதால் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு மிகவும் குறைந்து விடக்கூடும். இது வாந்தியை ஏற்படுத்தும். ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு மிகவும் அதிகமாகி விட்டால் வயிற்றுப் போக்கு (Diarrhoea) ஏற்படும்.

13. நிறங்காட்டிகள்
(Indicators)

மீதைல் ஆரஞ்சு, பினுப்தலின் போன்ற செயற்கையான கரிமச் சாயங்களை அமில-கார தரம் பார்ப்பதில் பயன்படுத்தி அமில-கார சமான நிலையை, (Acid alkali Equivalence) தரம் பார்த்தலின் முடிவு நிலையைக் கண்டுபிடிப்பது யாவரும் அறிந்ததே. இத்தகைய ஒரு பொருள் ஹைட்ரஜன் அயனி அல்லது அமில-கார நிறங்காட்டி எனப்படும். தானிருக்கும் கரைசலில், ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவைப் பொறுத்துத் தன் நிறத்தை மாற்றிக் கொள்கின்ற பொருள் நிறங்காட்டி எனப் படுகிறது. பின்வரும் அட்டவணையில் வழக்கமாகப் பயன்படும் சில நிறங்காட்டிகளைப் பற்றி விபரங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

நிறங்காட்டி	அமிலத்தில் நிறம்	காரத்தில் நிறம்	PH-ன் அளவெல்லை
மீதைல் ஆரஞ்சு	சிவப்பு	மஞ்சள்	3·1—4·4
மீதைல் சிவப்பு	சிவப்பு	மஞ்சள்	4·2—6·3
புரோமோதைமால் நீலம்	மஞ்சள்	நீலம்	6·0—7·6
பினுப்தலீன்	நிறமற்றது	சிவப்பு	8·3—10·0
தைமால்ப்தலீன்	நிறமற்றது	நீலம்	9·2—10·6

மேற்கண்ட அட்டவணையிலிருந்து ஒவ்வொரு நிறங்காட்டியும் ஒரு குறிப்பிட்ட PH அளவெல்லைக்குள்தான் பயன்படும் என்பது விளங்கும். எனவே ஒரு விரிந்த PH அளவெல்லைக்குள் பயன்படக்கூடிய ஒரு நிறங்காட்டி வேண்டுமாயின் பல

நிறங்காட்டிகளைக் கலந்து ஒரு அனைத்து நிறங்காட்டி (Universal Indicators)யைத் தயாரித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

நிறங்காட்டியின் தத்துவங்கள்

(1) ஆஸ்ட்வால்டின் கொள்கை

நிறங்காட்டிகளின் தன்மையை விளக்குவதற்காக முதன் முதலாக ஆஸ்ட்வால்டு ஒரு கொள்கையை வெளியிட்டார். அதன்படி நிறங்காட்டிகள் வீரியமற்ற அமிலமாகவோ, வீரிய மற்ற காரமாகவோ இருக்கும். அவை அயனிப் பிரிகை அடைந்தோ, அடையாமலோ இருக்கும் நிலையைப் பொறுத்து அவற்றின் நிறம் மாறும்.

பீனோப்தலீன் ஒரு வீரியமற்ற அமிலமாகக் கருதப்படுகிறது. அதை H× எனக் குறிப்போம். கரைசலில் அது பின்வருமாறு பிரிகை அடையும்.

$$\text{நிறமற்ற } H\times \rightleftharpoons H^{+} + \times^{+} \text{ (சிவப்பு)}$$

இந்த நிறங்காட்டி இணைந்திருக்கும்போது நிறமற்றதாயும், அயனிப் பிரிகை அடைந்தபின் சிவப்பாயும் இருக்கும். நிறங் காட்டி 10 சதவீதத்திற்குமேல் அயனிப் பிரிகை அடைந்த பிறகே இந்த நிறமாற்றம் புலப்படும். எனவே தரம் பார்ப்பதில் பயன்படுகின்ற பீனோப்தலின் ஆல்கஹால் கரைசல் 10 சதவீதத் திற்குக் குறைவாகவே அயனிப் பிரிகை அடைந்துள்ளது என முடிவு செய்யலாம். பீனோப்தலீனுடன் ஒரு அமிலத்தைச் சேர்த்தால், ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் செறிவு கணிசமாக அதிகரிக்கின்றது. இது அயனிப் பிரிகையில் விளையும் பொருட் களில் ஒன்ருகும். நிறைதாக்க விதியின்படி ஒரு மீள்வினையில் ஒரு வினை பொருளின் செறிவு அதிகரித்தால் எதிர்த்திசை வினை தூண்டப்படுகின்றது. எனவே இங்கு நிறங்காட்டியின் அயனிப் பிரிகை ஒடுக்கப்பட்டு விடுவதால் அது நிறமற்றதாகவே இருக் கும். இதற்கு மாருக ஒரு காரத்தைக் கலந்தால் HO^{+} அயனி கள் சேர்க்கப்படுகின்றன. இவை கரைசலிலுள்ள H^{+} அயனி களுடன் இணைந்து எளிதில் அயனிப் பிரிகையடையாத நீராக மாறும். இதனுல் சமநிலை பாதிக்கப்படும். சமநிலையை திரும்ப நிறுவுவதற்காக, நிறங்காட்டி மேலும் அயனிப் பிரிகை அடை கின்றது. அயனிப் பிரிகை 10 சதவீதத்தைக் கடந்ததும் சிவப்பு நிறம் தோன்றும்.

வீரியமற்ற காரமான மீதைல் ஆரஞ்சை எடுத்துக் கொள்வோம். அதை ×OH எனக் குறிக்கலாம். அதன் அயனிப் பிரிகை பின்வருமாறு :

$$(\text{மஞ்சள்})\ \times OH \rightleftharpoons (\text{சிவப்பு})\ \times^{+} + OH^{+}$$

அமில ஊடகத்தில் மீதைல் ஆரஞ்சு 10 சதவீதத்திற்குமேல் அயனிப் பிரிகையாகி சிவப்பு நிறம் தோன்றுகிறது. ஆனால் காரத்தைச் சேர்க்கும்போது அயனிப் பிரிகை ஒடுக்கப்பட்டு மஞ்சள் நிறம் நீடிக்கிறது.

நிறங்காட்டிகளைப் பற்றிய நவீனக்கொள்கைகள்

ஒரு கரிமச் சேர்மத்தில் நிறமாற்றம் ஏற்படுதுவது அச்சேர் மத்தின் அமைப்பில் மாற்றம் ஏற்படுவதையே பெரும்பாலும் குறிக்கப்படும். எனவே நிறங்காட்டிக் கரைசலில் டாடோ மெரிக் (Tautomeric forms) சமநிலையிலிருப்பதாக இப்போது கருதப்படுகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக மீதைல் ஆரஞ்சு காரத் தன்மையுள்ள அமைப்பு பெற்றிராமல் இருக்கலாம். ஆனல் அமிலத்தைச் சேர்த்தால் சமநிலை, காரம் போல அயனிப் பிரிகை அடைகின்ற டாடோமெரிக் உருவிற்குச் சாதகமாக மாறும். அதன் நேரின அயனி நிறமுள்ளதாக இருக்கும். எனவே கரைசலில் (1) இணைந்திருக்கின்ற நிறங்காட்டிருக்கும், அதன் அயனிகளுக்கும் இடையில் ஒரு சமநிலையும், (2) நிறங் காட்டியின் இரு டாடோகமரிக் உருக்களுக்கு இடையில் ஒரு சம நிலையும் உள்ளன எனக் கொள்ளலாம். இவ்வாறு, மீதைல் ஆரஞ்சின் விஷயத்தில்,

$$(\text{மஞ்சள்})\ \times HO \rightleftharpoons \times OH \rightleftharpoons +^{+}\ (\text{சிவப்பு}) + OH^{-}$$

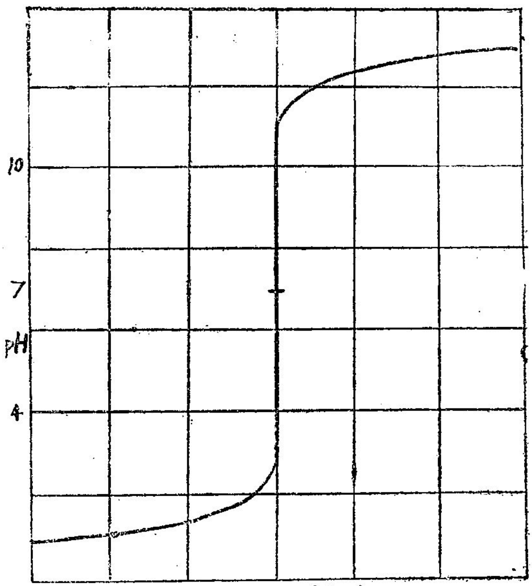
× HO-வும், ×OH,வும் டாடோமெரிக் உருக்கள் எனப் படுகின்றன. பினுப்தலீனின் நடத்தையையும் இதேபோல விளக்கலாம்.

நடுநிலையாக்கல் கோடுகள் (Neutralisation Curnes)

நிறங்காட்டிகள் வீரியமற்ற அமிலம் அல்லது காரமாக இருப் பதால், ஆஸ்ட்வால்டின் நீர்த்த பரும நிலைவிதி (Dilution Law) யின்படி அவற்றின் அயனிப்பிரிகை மாறிலிகளைக் கணக் கிடலாம். அவற்றிலிருந்து PH-ன் மதிப்பையும் கணக்கிடலாம். தெரிந்த நார்மலிடி (எடுத்துக்காட்டாக 0·1N)யும், பருமனும்

உள்ள அமிலத்தோடு, அதே நார்மாலிடியுள்ள காரத்தின் தெரிந்த பருமன்களைச் சேர்த்துக் கொண்டே போகும்போது PH: மதிப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்களுக்கும், ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனுள்ள அமிலத்தோடு சேர்க்கப்படும் காரத்தின் பருமனிற்கும் இடையில் வரைபடம் வரைந்தால் படத்தில் காட்டியபடி நான்கு வகையான படங்கள் கிடைக்கின்றன.

1

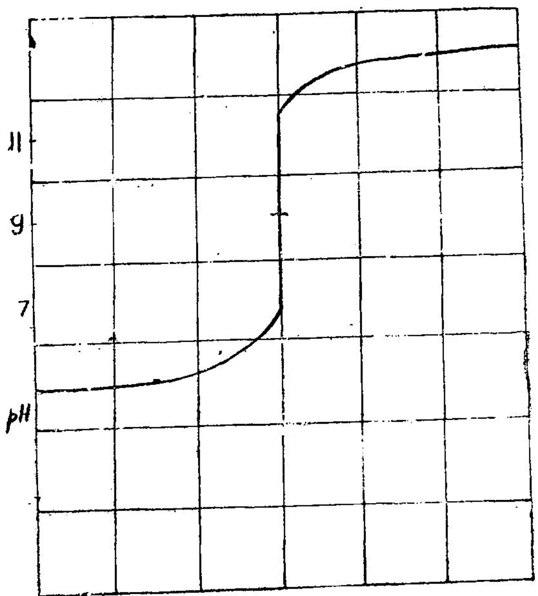


சேர்க்கப்பட்ட காரம் (மிலி)

(அ) வீரிய அமிலம் — வீரியகாரம்

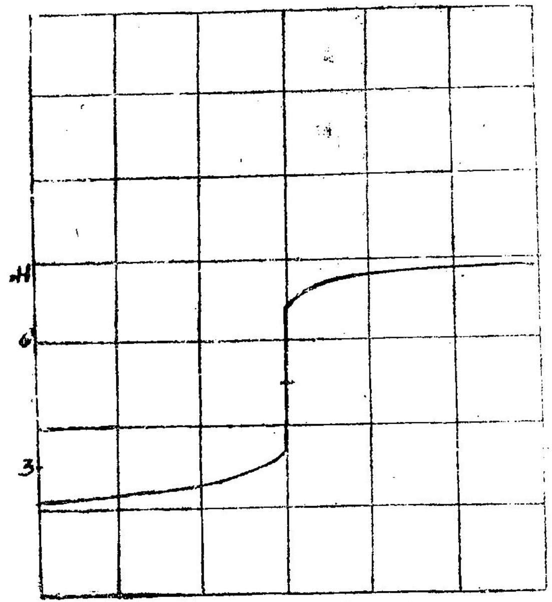
படம் 80

ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலம் போன்ற ஒரு வீரியமுள்ள அமிலமும், சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு போன்ற ஒரு வீரியமுள்ள காரமும் தரம் பார்க்கப்படுவதற்கான கோட்டை முதல் படம் காட்டுகிறது. கோட்டின் செங்குத்துப் பகுதி அமிலமும் காரமும் சமமான நிலையிலிருப்பதைக் குறிக்கிறது. இந்தப் பகுதி நீளமாக இருப்பதால் சரியான சமான நிலைக்குத் தேவைப் படுவதைவிட சிறிதே உபரியாக அமிலத்தையோ, காரத்தையோ சேர்த்தாலும் கரைசலின் PH மதிப்பு பெருமளவில் மாறிவிடும். எனவே சரியான சமான நிலைப் புள்ளியைத்



(2) வீரியமற்ற அமிலம் — வீரியகாரம்

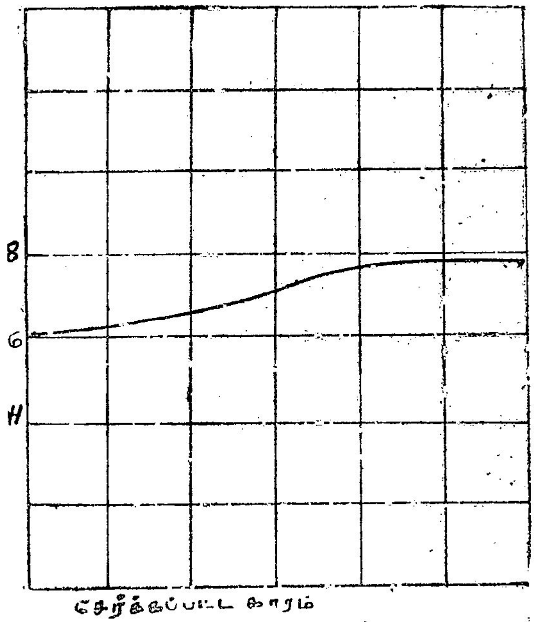
படம் 81



(3) வீரிய அமிலம் — வீரியமற்ற காரம்

படம் 82

துல்லியமாகக் கண்டுபிடிக்கலாம். கோட்டின் செங்குத்துப் பகுதி PH மதிப்பில் நான்கிலிருந்து, பத்துவரை உள்ளதால்,



வீரியமற்ற அமிலம் — வீரியமற்ற காரம்

படம் 83

நடுநிலையாக்கலின் சரியான முடிவு நிலையைக் குறிப்பதற்கு, இந்த வரம்புகளுக்குள் உணர்வு உள்ள எந்த நிறங்காட்டியையும் பயன்படுத்தலால். மீதைல் ஆரஞ்சு, பீனுப்தலின் ஆகியதை இதற்கு ஏற்றவை.

அசிடிக் அமிலம் போன்ற ஒரு வீரியமற்ற அமிலத்தையும், சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு போன்ற ஒரு வீரியமான சாரத்தையும் தரம்பார்க்கையில் (2) படத்திலுள்ளது போல் கோடு கிடைக்கும். முதல் படத்தைவிட இதில் செங்குத்துப் பகுதி குறைவாய் PH மதிப்பில் ஏழிலிருந்து பதினொன்று வரையே இருக்கிறது. எனவே இத்தகை தரம் பார்ப்பதில் பயன்படுத்தப் படும் நிறம் காட்டி PH மதிப்பில் ஏழிலிருந்து 11-க்குள் வினை புரியக்கூடியதாக இருக்கவேண்டும். இதற்கு பீனுப்தலீன் அல்லது லைமால்ப்தலீன் ஏற்றது. மேலும் சமான நிலைப் புள்ளியில் PH மதிப்பு, சிறிதளவு உபரி அமிலத்தையோ காரத்தையோ சேர்ப்பதால் மாறிவியது.

ஹைட்ரோ குளோரிக் போன்ற வீரியமுள்ள அமிலத்தை, அமோனியம் ஹைட்ராக்ஸைடு போன்ற போன்ற வீரியமற்ற காரத்தையும் தரம் பார்க்கும்போது மூன்ருவது படத்திலுள்ளது போன்றகோடு கிடைகிக்கின்றது. இது உருவதித்தில் இரண்டாவது படத்தை ஒத்திருக்கிற. ஆனுல் செங்குத்துப் பகுதி PH மதிப்பில் 3·5-லிருந்து 6 வரையே உள்ளது. எனவே இதற்கு உகப்பான் நிறங்காட்டி மீதைல் சிவப்பே ஆகும். மீதைல் ஆரஞ்சையும் உயோகப்படுத்தலாம்.

வீரியமற்ற அமிலத்திற்கும், வீரியமற்ற காரத்திற்கும் தரம் பார்ப்பதற்கான கோடு நான்காவது படத்திலுள்ளது போலவிருக்கும். அதில் செங்குத்துப் பகுதிக்குப் பதிலாக ஒரு வினைவு மட்டுமே உள்ளது. எனவே சமமான அளவிற்குத் தேவைப் படுவதைவிட அதிகமாகவே அமிலத்தையோ காரத்யோ சேர்த்தாலும், PH மதிப்பு கணிசமாக மாருது. எனவே எந்த நிறங்காட்டியும் துல்லியமான முடிவு நிலையைக் காட்டாது. அதனல் முடிவுகள் தவருயிருக்கும். வீரியமற்ற அமிலமும், வீரியமற்ற காரமும் இணைந்து தோன்றும் உப்பகள் கரைசலில் முற்றிலுமாக நீரால் பகுப்பு அடைந்து எளிதில் அயனிப் பிரிகையடையாத வீரியமற்ற அமிலமாகவும், வீரியமற்ற காரமாகவும் இருக்கும். இதுவே இத்தை முரணிய நடத்தைக்குக் காரணமாகும். ஆகவே இத்தைய தரம் பார்த்தலில் எந்த நேரத்திலும் PH மதிப்பு நடுநிலையில் உள்ளதற்கு (P = H) ஏறக்குறைய சமமாகவேயிருக்கும்.

அமில-கார தரம் பார்ப்பதற்கேற்ற நிறங்காட்டிகளைப் பற்றி பின்வரும் அட்டவணையில் சுருக்கமாகத் தரப்பட்டிருக்கிறது.

	தரம்பார்க்குல் வினை	நிறம்காட்டி
(1)	வீரியமுள்ள அமிலமும் வீரியமுள்ள காரமும்.	மீதைல் ஆரஞ்சு, பீனுப்தலீன், புரோமோதைமால் நீலம்.
(2)	வீரியமற்ற அமிலமும் வீரியமுள்ள காரமும்	பீனுப்தலீன், தைமாப்தலீன்.
(3)	வீரியமுள்ள அமிலமும் வீரியமற்ற காரமும்	மீதைல் சிவப்பு அல்லது மீதைல் ஆரஞ்சு.
(4)	வீரியமற்ற அமிலமும் வீரியமற்ற காரமும்	எந்த நிறம் காட்டியும் பயனில்லை.

முடிவுப்புள்ளியின் முக்கியத்துவம் (Significance of the end point)

25°C-யில் நீரின் அயனிப் பெருக்கம் $= 1 \times 10^{-4}$ மேலும் மேலும் தூய நீரின் PH மதிப்பு இது மெய்யான நடுநிலைமையைக்

குறிக்கிறது. ஆனால் சமான எடை அளவுள்ள ஒரு அமிலத்தையும் கரைத்தையும் கலந்தால் கிடைக்கும் கலவையின் PH மதிப்பும் 7 ஆகவிருக்கும் என்று பொருளல்ல. எல்லாவிதமான கரைசல்களிலும் நீரின் அயனிப் பெருக்கம் 1×10^{-4} க்குச் சமமாக இருக்கு மென்பது மெய்தான். ஆனால் PH-ன்மதிப்பு கரைசலிலுள்ள உப்பின் தன்மையைப் பொறுத்திக்ருகும். சமான எடை அளவுள்ள வீரிய அமிலத்தையும், வீரியகாரத்தையும் கலந்தான் PH மதிப்பு ஏழாக இருக்கும். ஏனெனில் அப்போது விளையும் உப்பு நீரால் பகுப்படைந்து சமான எடை அளவுள்ள அமித்தையும். காரத்தையும் உண்டாகும். அவற்றின் வலுவும் செறிவும் சமமாயிருக்கும். இருப்பினும் அசிடிக் அமிலமும் போன்ற வீரியமற்ற அமிலத்தையும், சோடியம் ஹைக்ராக்ஸைடு போன்ற வீரியமுள்ள காரத்தையும் சமான எடை அளவில் கலந்தால் தோன்றும் உப்பு நீரால் பகுப்படைந்து எளிதில் அயனிப் பிரிகை அடையாத வீரியமற்ற அமிலத்தையும், எளிதில் அயனிப்பிரிகை அடையும் வீரியமுள்ள காரததையும் தோற்றுவிக்கும். இதன் விளைவாக கலவையின் PH மதிப்பு 7க்கு மேற்பட்டாதாக இருக்கும். அதாவது அமிலத்தையும், காரத்தையும் சமான எடை அளவில் எடுத்துக் கொண்டிருந்தாலும் PH மதிப்பு நடுநிலைக்கு மேல் காரப்பகுதியிலேயேயிருக்கும். எடுத்துக் காட்டாக 0.2N சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு இவற்றின் சம பருமனுள்ள கரைசல்களைக் கலந்தால், சரியான நடுநிலையாக்கம் ஏற்படும். ஆனால் அதில் தோன்றுகின்ற 0·1N சோடியம் அசிடேட் கரைசலின் PH மதிப்பு 8·87 ஆகும். அதேபோல ஒரு வீரியமுள்ள அமிலத்தால் சரியாக நடுநிலையாக்கினல், அக்கலவையின் PH மதிப்பு 7க்குக் குறைவாக அமிலப் பக்கமாக இருக்கும். ஒரு வீரியமற்ற அமிலமும், வீரியமற்ற காரமும் கலக்கப்பட்டால் அவற்றின் உப்பு இலேசாக அயனிப் பிரிகை அடைந்துவிடும். அதனால் கலவையில் அவற்றுன் விகிதம் எப்படி இருந்தபோதிலும் PH-ன் மதிப்பு ஏழாகத்தானிருக்கவேண்டும் என்பது அவசியமில்லை. முடிவு நிலை அமிலமும், காரமும் சரியான இரசாயனச் சமானநிலை ஏற்படும் கட்டடத்தையே குறிக்கிறது, இதனால்தான் ஒரு குறிப்பிட்ட தரம் பார்த்தலுக்குத் தேர்ந்தெடுக்கப்படும் நிறங்காட்டி, அமிலத்திற்கும், காரத்திற்குமான சரியான இரசான சமான நிலைக்கான PH அளவு எல்லையில் உணர்வுள்ளதாக இருக்க வேண்டும் என்ற அவசியம் தோன்றுகிறது.

14. கூழ்நிலை
(Colloidal State)

படிக உருப் பொருட்களும், கூழ்நிலைப் பொருட்களும்
(Crystalloids and Colloids)

1861-ஆம் ஆண்டில் தாமஸ் கிரஹாம் நீரிலிருந்து எளிதாகப் படிகமாகின்ற பொருட்கள், விலங்கு அல்லது தாவரச் சவ்வுகளின் வழியாக விரைந்து பரவுகின்றன எனவும், அவ்வாறு எளிதாகப் படிகமாகாத பொருட்கள் சவ்வுகளின் வழியாக மெதுவாகப் பரவுகின்றன அல்லது பரவுவதே இல்லை எனவும் கண்டுபிடித்தார். முதல் வகைப் பொருட்களை அவர் படிக உருப்பொருட்கள் எனவும், இரண்டாம் வகைப் பொருட்களைக் கூழ் பொருட்கள் எனவும் பெயரிட்டார். முதல் வகையில் எளிதாகப் படிகவுருப் பெறுகின்ற சோடியம் குளோரைடு, கரும்புச் சர்க்கரை ஆகியவை அடங்கும். ஸ்டார்ச்சு மாவு, கோந்து, ஆல்புமின் போன்றவை இரண்டாவது வகையைச் சேர்ந்தவை.

கூழ்நிலை

சர்க்கரை அல்லது உப்பு கரைந்த மெய்யான கரைசல்களில் கரை பொருளின் மூலக்கூறுகள் அல்லது அயனிகள்தான் தனித்தனித் துகள்களாகக் கரைப்பானில் இயங்குகின்றன. அதற்கு மாறுக தொங்குநிலை (Suspension) அமைப்புகளிலுள்ள துகள்கள் நுண்ணோக்கி வழியாகக் கண்ணுக்குப் புலப்படக் கூடிய அளவு பெரியதாகவும், ஆனல் நுண்ணோக்கியல் புலப்படாதவையாயும் உள்ளன. நவீன கருத்துகளின்படி உண்மையான மூலக்கூறுகளையும், கூழ்நிலைப் பொருட்களையும் தனித் தனியாக வகைப்படுத்த முடியாது. பொதுவாக ஓர் அமைப்பு மற்றொன்றுக்குத் தொடர்ந்து மாறுகிறது. ஒரே பொருள் சில சூழ்நிலைகளில் படிக உருப்பொருளாகவும், சில சூழ்நிலைகளில் கூழ் பொருளாகவும் செயல்படும். இருப்பினும் கூழ்நிலையிலுள்ள பொருட்களுக்குத் தனியான பண்புகள் உள்ளதால் அவை மற்ற நிலைகளிலிருந்து தனித்தியங்குகின்றன.

கூழ்நிலையிலுள்ள துகள்களின் பெருமப் பருமன் 2×10^{-5} செ. மீ. அல்லது $0 \cdot 2$ மைக்ரான் ஆக இருக்கும். (ஒரு மைக்ரான் μ 10^{-4} செ. மீ.; மில்லிமைக்ரான் $m\mu = 10^{-7}$ செ. மீ.) அப்பொருட்களின் சிறுமப் பருமன் 5×10^{-7} செ. மீ. அல்லது $5 M\mu$ இருக்கும். புரதம், ரப்பர் போன்ற பல படிப் (Polymer) பொருட்களின் மூலக் கூறுகள் ஏறக்குறைய $5\ m\mu$ அளவு பருமனுள்ளவை. பல படிப் பொருட்களின் கரைசல்களி லுள்ள துகள்கள் தனித்தனி மூலக்கூறுகளாயிருப்பினும், அக் கரைசல்கள் கூழ்நிலைப் பண்புகளையும் பெற்றிருக்கின்றன.

கூழ்நிலையமைப்பிலுள்ள துகள்களின் புறப் பரப்பிற்கும் அவற்றின் பருமனுக்கும் உள்ள தகவு மிக அதிகமாயிருப்பதால் அவை தனிப் பண்புகளுடன் செயல்படுகின்றன. மெய்யான கரைசல் ஒரு படித்தான நிலைமை (Homogeneous Phase) உள்ள தாகையால், கரைபொருள் மூலக்கூறுகளையும் கரைப்பான் மூலக்கூறுகளையும் வேறுபடுத்திப் பிரிக்கும் பிரிதளம் (Surface of Separations) கிடையாது. ஆனால் கூழ்நிலை அமைப்பு இரு நிலைமை (Phase) கொண்டதாகையால் ஒவ்வொரு துகளையும், கரைப்பானின் மூலக்கூறுகளையும் வேறுபடுத்தும் பிரிதளம் உள்ளது. இந்தப் பிரிதளத்தில் பரப்புக் கவர்ச்சி (Adsorption), மின்னழுத்தம் (electrical potential) ஆகிய பண்புகள் தென்படு கின்றன. தொங்குநிலையிலுள்ள துகள்களின் பருமன் பெரிய தாயும், புறப்பரப்பு குறைவாயுமுள்ளதால் அவற்றிற்கு இப் பண்புகள் இல்லை. ஆனால் கூழ்நிலையில் புறப்பரப்பு அதிகமா யுள்ளதால் அது முக்கியத்துவம் பெறுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக ஒரு செ. மீ. பக்கமுள்ள கனசதுரத்தின் புறப்பரப்பளவு 6 செ.மீ. ஆகும். ஆனால் அதை 10^{-6} செ. மீ. பக்கமுள்ள கனசதுரங் களாக வெட்டினால் மொத்தத் துகள்களின் புறப்பரப்பு. பத்து லட்சம் பங்கு அதிகமாகிறது. ஆகவே புறப்பரப்பின் தன்மைகள் கூழ்நிலை அமைப்புகளின் பண்புகளைப் பெரிதும் பாதிக்கும் என எதிர்பார்க்கலாம்.

கூழ்நிலை அமைப்பிலுள்ள இரு பகுதிகளுக்கும் பிரிகை நிலைப் பொருள் (Disperse Phase)எனவும், பிரிகை ஊடகம் (Dispersion Medium) எனவும் பெயரிடலாம். பொதுவாக பரவ உதவும் ஊடகம் ஒரு திரவம் என நாம் கொண்டுள்ளோம். இவ்வகை யான கூழ்நிலை அமைப்பிற்குக் கரைசால் (Sol) எனப் பெயர். பரவி நிற்கும் பகுதியும், பரவ உதவும் ஊடகமும் திடமாகவோ அல்லது திரவமாகவோ அல்லது வாயுவாகவோ இருக்கலாம். ஒரு திரவ ஊடகத்தில் மற்றொரு திரவம் பரவி நின்றால் அந்த அமைப்பு பால்மம் (Emulsion) எனப்படும்.

கரைசால்களைக் கரைப்பான் வெறுக்கும் வகை (Lyophobic), கரைப்பான் விரும்பும் வகை (Lyophilic) என இரண்டாகப் பிரிக்கலாம். இவற்றின் பெயர்கள் குறிப்பிடுவதைப்போல முதல்வகைக் கரைசால்கள் மற்றதைவிட நிலையற்ற தன்மையுடையவை. முதல்வகைக் கரைசால்களில் சிறிது மின்பகு பொருளைச் சேர்த்தால் உடனே பரவி நிற்கும் துகள்கள் திரிந்து (coagulate) படிகின்றன. ஆனால் இரண்டாவது வகை கரைசால்கள் சாதாரணமாகத் திரிவதில்லை. அதிக அளவில் மின்பகு பொருளைச் சேர்த்தால்தான் அவை திரிந்து படியும். கரைப்பான் வெறுக்கும் கரைசால்களைச் சூடாக்கி, கரைப்பானை ஆவியாக்கியும், குளிரவைத்து, கரைப்பானை உறைய வைத்தும் திடப்பொருளைப் பெறலாம். இத்திடப்பொருளுடன் கரைப்பானை சேர்த்தாலும், அல்லது சிறிது சூடாக்கினாலும் மீண்டும் அது பழைய நிலைக்கு வராது. கரைப்பான் விரும்பும் கரைசால்கள் இவ்வகையில் மீள் தன்மையுடையவை. இதனால் இவை மெய்யான கரைசல்களை ஒத்திருக்கின்றன. கரைப்பான் வெறுக்கும் கரைசால்களில் உலோகங்கள், கந்தகம், சல்பைடுகள், வெள்ளி ஹாலைடுகள் ஆகியவை குறிப்பிடத்தக்கவை. கரைப்பான் விரும்பும் கரைசால்களில் பிசின்கள், மாவுப் பொருட்கள், புரதங்கள் ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடலாம்.

சூழ்நிலைப் பரவல்களின் வகைகள்

பிரிகைநிலைப் பகுதி, பிரிகை ஊடகம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்துக் சூழ்நிலை பரவல்களை எட்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை பின்வருமாறு :

	பிரிகை நிலைப் பொருள்	பிரிகை ஊடகம்	பிரிகையின் பெயர்	எடுத்துக்காட்டுகள்
1.	திடம்	வாயு	ஏரோசால்	புகை
2.	திடம்	திரவம்	கரைசால்	நீரிலுள்ள சூழ்நிலைத் தங்கம், கந்தகம் முதலியன
3.	திடம்	திடம்	—	இரத்தினம் (Ruby), கண்ணாடி
4.	திரவம்	வாயு	ஏரோசால்	மூடுபனி, மேகம்
5.	திரவம்	திடம்	பால்மம்	காட்லிவர் எண்ணெ, எமல்ஷன்
6.	திரவம்	திடம்	களி (gel)	ஜெல்லிகள்
7.	வாயு	திரவம்	நுரை	கடைந்த கிரீம்கள்
8.	வாயு	திடம்	—	நுரைக்கல் (Pumice stone)

ஒரு வாயு இன்னொரு வாயுவில் பரவியுள்ள கூழ்நிலை இது வரை புலப்படவில்லை. நேற்கண்ட வகைகளில் கரைசால்கள், பால்மங்கள், களிகள் ஆகியவைகள் முக்கியமானவை.

கரைசால்களைத் தயாரித்தல்

ஜெலாட்டின், ஸ்டார்ச்சு போன்ற பொருட்களை நீருடன் கலந்து சூடாக்கினால் கூழ்நிலைப் பொருட்கள் கிடைக்கின்றன. இவ்வாறு கரைப்பான் விரும்பும் சூழ்நிலைப் பொருட்களைத் தயாரித்தல் எளிதான விஷயம். ஆனால் கரைப்பான் விரும்பும் கரைசால்களைத் தயாரிப்பதில் கூழ்நிலைப் பருமனுள்ள பொருட்களை உண்டாக்குவதற்குத் தனி வகையான முறைகள் தேவைப் படுகின்றன. இந்த முறைகளைச் சேர்மான முறைகள் (condensation methods), பிரிகை முறைகள் (dispersion methods) என இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

A சேர்மான முறைகள்

இம்முறையில் கரைசாலைத் தயாரிக்கும்போது அதிலுள்ள பொருட்கள் தொடக்கத்தில் ஒரு மெய்யான கரைசலில் மூலக் கூறுகளாகவோ, அயனிகளாகவோ உள்ளன. அவற்றிற்குள் இரசாயன மாற்றம் காரணமாக கரைப்பானில் கரையாத கூழ்நிலை துகள்கள் உண்டாகின்றன. மின்பகு பொருட்களின் அடர்வு போன்ற குறிப்பான அம்சங்களைக் கட்டுப்படுத்திக் துகள்கள் பெரியதாகி வீழ்படிவாகி விடாமல் கவனித்துக் கொள்ள வேண்டும். சேர்மான முறைகளில் பல இரசாயன மாற்றங்களைப் பயன்படுத்திக் கரைசால்களைத் தயாரிக்கலாம்.

(i) ஆக்ஸிஜனேற்றம்

கந்தகம், செலீனியம் போன்ற பொருட்களின் கரைசால்களை ஹைட்ரஜன் சல்பைடு. செலீனியம் சல்பைடு போன்ற பொருட்களை ஆக்ஸிஜனேற்றம் செய்து தயார் செய்யலாம். காற்று, ஆக்ஸிஜன் அல்லது சல்பர் டை ஆக்ஸைடு ஆகியவற்றை ஆக்ஸிஜனேற்றிகளாகப் பயன்படுத்தலாம். நீரில் ஹைட்ரஜன் சல்பைடு கரைசலின் வழியாக சல்பர் டை ஆக்ஸைடைச் செலுத்தினால் கூழ்நிலை கந்தகம் கிடைக்கும்.

$$SO_2 + 2H_2S \rightarrow 2H_2O + 3S.$$

(ii) ஆக்ஸிஜனிறக்கம்

மின்பகுபடாத மின்னிறக்கிகளான ஹைட்ரஜன், கார்பன் மோனாக்ஸைடு, பார்மால்டிஹைடு போன்ற பொருட்களைப்

பயன்படுத்தி உலோகக் கரைசால்களைத் தயாரிக்கலாம். சிறிது கோந்து அல்லது அராபிக் பிசினைச் சேர்த்து அவற்றை நிலைப் படுத்தப்படும். தங்க குளோரைடை, பார்மால்டிஹைடு அல்லது ஹைட்ராக்சிலமைனைப் பயன்படுத்தி ஆக்ஸிஜனிறக்கம் செய்து கூழ்நிலைத் தங்கத்தைப் பெறலாம்.

(iii) *நீரால் பகுப்பு*

இரும்பு, அலுமினியம், குரோமியம் போன்ற இலேசான நேரின மின் உலோகங்களின் ஆக்ஸைடுகள் அல்லது ஹைட்ராக்ஸைடுகளின் கரைசால்களைத் தயாரிப்பதற்கு அந்த உலோகங்களின் உப்புகளை நீரால் பகுப்பு செய்யலாம். இவ்வாறு அதிக அளவுள்ள கொதிநீரில் ஃபெர்ரிக் குளோரைடின் செறிவுமிக்க கரைசலை சொட்டுச் சொட்டாகவிட்டு கூழ்நிலை ஃபெர்ரிக் ஹைட்ராக்ஸைடு தயாரிக்கப்படுகின்றது.

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3HCl.$$

(iv) *இரட்டைச் சிதைவு* (Double Ceeómposition)

சாதாரணமான சூழ்நிலைகளில் வெள்ளி நைட்ரேட், சோடியம் குளோரைடு ஆகியவற்றின் கரைசல்களைக் கலந்தால், வெள்ளி நைட்ரேட் வீழ் படிவாகிறது. ஆதலால் குளிர வைத்த நீர்த்த கரைசல்களைப் பயன்படுத்தும் போது சூழ்நிலை யிலுள்ள வெள்ளி குளோரைடு தோன்றும்.

$$AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl + NaNO_3$$

இதேபோல ஆர்சீனியல் ஆக்ஸைடின் நீர்க்கரைசலின் வழி யாக ஹைட்ரஜன் சல்பைடு கிடைக்கும்.

$$As_2O_3 + 3H_2S \rightarrow As_2S_3 + 3H_2O$$

(v) *கரைப்பான் பரிமாற்றம்* (Exchange of Solvent)

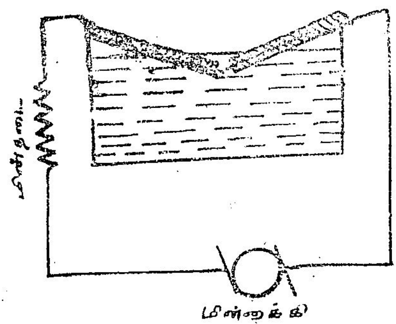
ஒரு பொருள் A எனும் கரைப்பானில் கரைவதாகவும், B எனும் கரைப்பானில் கரையாததாகவும் இருக்கட்டும். அப் போது பொருளை A-யில் கரைத்து அக்கரைசலை, நிறைந்த அளவிலுள்ள B.யில் கலந்தால் அப்பொருள் சூழ்நிலையில் கிடைக்கின்றது. எடுத்தக் காட்டாக ஆல்கஹாலில் கந்தகக் கரைசலை, நிறைந்த அளவிலுள்ள நீரில் கலந்தால் கூழ் நிலைக் கந்தகம் கிடைக்கும்.

B பிரிகை முறைகள்

இம் முறைகளில் பெரும் பருமனுள்ள திடப்பொருளை எடுத்துக் கொண்டு அவற்றைப் பல்வேறு முறைகளில் நொறுக்கி கூழ்நிலை துகள்களாக்குதம்.

(i) *மின்சார வில்முறை*

1898-ஆம் ஆண்டில் ப்ரெடிக் (Bredig) என்பார் சிறு அளவில் சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு கலந்துள்ள நீரில் தங்கம், வெள்ளி முதலிய உலோகக் கம்பிகளின் முனைகளை வைத்து அவற்றிற்கிடையில் ஒரு நேர்மின்னோட்ட வில்லை உண்டாக்கி உலோகக் கரைசல்களைப் பெறலாம் எனகண்டு பிடித்தார். இம் முறையில் சேர்மானமும், பிரிகையும் ஆகிய இரண்டும் ஏற்படும்.



படம் 84

மின்சார வில்லின் உயர் வெப்பநிலை உலோகத்தை ஆவியாக்கி விடுகிறது. அந்த ஆவி நீரினுல் குளிர்ந்து கூழ்நிலை துகள்களாகி விடும். இம்முறையில் கூழ்நிலைத் தங்கத்தை தயாரிக்கலாம். இதோடு சிறிதளவு சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடு போன்ற மின் பகு பொருளைச் சேர்த்து நிலைப்படுத்தலாம்.

(ii) *எந்திர முறைப் பிரிகை*

ஒரு கூழ்நிலை அறவையந்திரத்தைப் பயன்படுத்தி திடப் பொட்களை நொறுக்கி கூழ்நிலைப் பருமனுள்ள துகள்களாக்கலாம். இந்த யந்திரத்தில் நெருக்கமாக அடுக்கப்பட்ட பல வட்டமான தட்டுகள் எதிரெதிர் திசைகளில் வேகமாகச் சுழலுகின்றன. தட்டுக்களினிடையில் திடப்பொருளைச் செலுத்தினுல்

அது நொறுக்கப்படும். யந்திரத்தில் பரவல் ஊடகத்தையும் நிலைப்படுத்தும் பொருளையும் திடப்பொருளுடன் சேர்த்துச் செலுத்தி கூழ்நிலை கரைசாலைப் பெறலாம்.

(iii) அயனிகளால் கூழ் கரைசலாக்குதல் (Peptization)

இம்முறையிலும் திடப்பொருளின் பெரும் துகள்கள், சிறு துகள்களாக நொறுக்கப்படுகின்றன. புதிதாக வீழ்படிவான ஒரு பொருளோடு, அதனுடன் பொதுவான அயனியுள்ள ஒரு மின்பகு பொருளின் நீர்த்த கரைசலைக் கலந்து கூழ்நிலைப் பொருட்களைப் பெறலாம். எடுத்துக் காட்டாக புதிதாக வீழ்படிவான ஃபெர்ரிக்ஹைட்ராக்ஸைடை, ஃபெர்ரிக்குளோரைடு அல்லது சோடியம் ஹைட்ராக்ஸைடின் நீர்த்தக்கரைசலிலிட்டுக் குலுக்கினால் கூழ்நிலை ஃபெர்ரிக் ஹைரராக்ஸைடு கிடைக்கும். உலோக சல்பைடுகளை ஹைட்ரஜன் சல்பைடின் உதவியால் கூழ்நிலையாக்கலாம்.

(iv) அலசிகூழ் நிலையாக்கள் (Petization by washing)

புதிதாக வீழ்படிவான வெள்ளி குளோரைடை காய்ச்சி வடித்த நீரிலிட்டு நீண்ட நேரம் அலகினால் கூழ்நிலை வெள்ளி குளோரைடு கிடைக்கிறது.

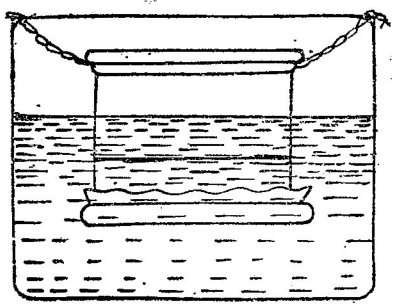
கரைசால்களைச் சுத்தி செய்தல்

மேலே கண்ட முறைகளில் தயாரிக்கப்பட்ட கூழ்நிலை பொருட்களில் பல சமயங்களில் மின்பகு பொருட்கள் கலந்திருக்கும். அவற்றை கூழ் பிரிப்பு (Dialysis), சிறப்பு வடிகட்டல் (ultra filtration) ஆகிய முறைகளில் சுத்தம் செய்யலாம்.

(i) கூழ்பிரிப்பு

கலப்படம் உள்ள கரைசாலை கவ்வினலான அடிப்பக்முள்ள ஒரு பாரத்திரத்தில் எடுத்தக் கொண்டு அதைப் படத்தில் காட்டியபடி நீரில் வைக்கவேண்டும். செலுலோஸ் அசிடேட், செலுலோஸ் நைட்ரேட், செலோபேன் போன்ற சவ்வுகள் இதற்குப் பயன்படுகின்றன. மின்பகு பொருட்களாலான அசுத்தங்கள் சவ்வின் ஊடே எளிதில் பரவுபவை ஆதலால் அவை வெளியேறி நீரில் கலந்துவிடும். இவ்வாறு வெளியேறுவதைவிரைவு படுத்த, வெளியிலிருக்கும் நீரை அடிக்கடி அல்லது தொடர்ந்து மாறிற்க் கொண்டேயிருக்க வேண்டும்.

கூழ்பிரிப்பு மிக மெதுவாகவே நடக்கும். ஒரு கரைசாலைச் சுத்தப்படுத்த பல நாட்கள்கூட ஆகும். மின்னால் கூழ்பிரிப்பு முறையில் இதை விரைவாகச் செய்யலாம். சுத்தம் செய்ய வேண்டிய கூழ்நிலை பொருளை இரு சவ்வுகளுக்கிடையில்



படம் 85

வைத்து மறுபக்கங்களில் தூய நீரை வைக்கவேண்டும். இரு மின்வாய்களை இருபக்கங்கலுமுள்ள நீரில் அமிழ்த்தி ஒரு மின்னியக்கு விசையைச் செலுத்தினால் நடு அறையிலுள்ள அயனிகள் சவ்வூடு பரவி நீரில் கலக்கின்றன. இவ்வாறு ஒரு கூழ்நிலைப்பொருளை மிக விரைவாகச் சுத்தம் செய்து விடலாம்.

(ii) *சிறப்பு வடிகட்டல்*

கூழ்நிலைப் பொருட்கள் சாதாரண வடி தாட்களைக் கடந்து சென்றுவிடும். அதற்காக சிறப்ப வடிகட்டிகள் தனிவகையாகத் தயாரிக்கப்படுகின்றன. சாதாரண வடிதாளை கொலாடியனில் ஊறவைத்து இவை தயாரிக்கப்படும். வடிகட்டலை விரைவுபடுத்த உறிஞ்சல் அல்லது அழுத்தத்தைச் செலுத்துதல் பயன்படுத்தப்படும். சிறப்பு வடிகட்டிகளைப் பயன்படுத்தி ஒரு கலவையிலுள்ள கூழ்நிலைக்கரைசல்களைத் தனிதனியாகப் பிரித்தெடுக்கலாம். கூழ்நிலைப் பொருள்களின் பருமன்கள் வேறுபடுதவதால் இது சாத்தியமாகிறது. வைரஸ் எனும் நுண்ணுயிரிகளை ஆராய்வதிலும், கட்டுப் படுத்துவதிலும் இம்முறைகள் பயன்படுகின்றன.

கரைசால்களின் பண்புகள்

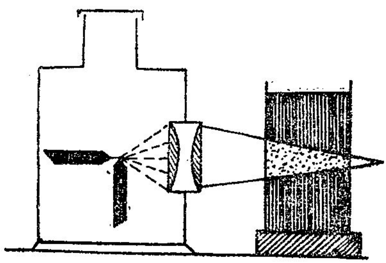
பௌதிகப் பண்புகள்

கரைப்பான் வெறுக்கும் கரைசால்களினுடைய அடர்த்தி, பரப்பு இழுவிசை, பாகுநிலை போன்ற இயல்புகள் ஏறக்குறைய

பிரிகை ஊடகத்தினுடையதற்குச் சமமாகவேயிருக்கும். ஆனால் பெரும்பாலான கரைப்பான் விரும்பும் பொருட்கள் பிரிகை ஊடகத்தைவிட அதிகமான பாகுநிலையும், குறைவான பரப்பு இழுவிசையும் உடையதாயிருக்கும். கூழ்நிலைத் துகள்களில் ஏராளமான மூலக்கூறுகள் உள்ளதால் அவற்றின் நிறையும் மிக அதிகமாயிருக்கும். கரைசால்களின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் மிகச் சிறியது. புதரங்களின் அதிகமான மூலக்கூறு எடையும், குறைந்த சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமும், அவற்றின் மூலக் கூறுகளின் சிக்கலான அமைப்பின் காரணமாகவும், அவற்றின் பருமன் ஏறக்குறைய கூழ்நிலைப் பொருட்களின் பருமனிற்குச் சமாமயிருப்பதனுலும் ஏற்படுபவையே. இதன் காரணமாகவே புரதத் துகள்கள் தனியான மூலக்கூறுகளாயிருந்தாலும் புரதக் கரைசல்கள் கூழ்நிலைப் பண்புகளைப் பெற்றுருக்கின்றன.

(e) **ஒளிசார் பண்புகள்** (Optical properties)

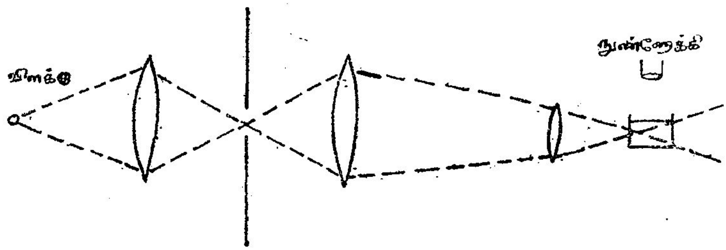
ஒரு கூழ்நிலை கரைசலின் வழியே ஓர் ஒளிக் கற்றையைச் செலுத்தினுல் கரைசாலில் அது செல்லும் பாதை பிரகாசமாகத்



படம் 86

தெரிகிறது. ஏனெனில் கூழ் நிலைத் துகள்கள் மூலக்கூறுகளை விடப் பெரியதாகையால் ஒளிக்கற்றையைச் சிதறச் செய்கின்றன. கூழ்நிலைப் பொருட்கள் ஒளிச் சிதறலை ஏற்படுத்துவது வது டின்டால் விளைவு எனப்படும். ஒளி வழிச் சுத்தமான (optically clear) 10^{-} செ.மீ.க்கு மேற்படாத விட்டமுள்ள துகள்களையுடைய ஓர் ஊடகத்தின் வழியாக ஒளியைச் செலுத்தினுல், அது ஊடுருவிச் செல்வதை நம்மால் காணமுடியாது. அனேகமாக எல்லா மெய்யான கரைசல்களும் இவ்வகையானவை. டின்டால் விளைவு கரைப்பான் வெறுக்கும் கரைசால்களில் தெளிவாகத் தெரியும். கரைப்பான் விரும்பும் கரைசால்களில் மங்கலாக இருக்கும்.

சீடன்ட்டாப், ஸீக்மான்டி எனும் இரு விஞ்ஞானிகளால் உருவாக்கப்பட்ட அல்ட்ரா. மைக்ராஸ்கோப்பின் உதவியுடன் டின்டால் ஒளிக்கதிர்களைக் காணலாம். சுடர்விட்டு ஒளிரும் புள்ளிகளாக் கூழ்நிலைப் பொருட்கள் தென்படும். இத்துகள் மிகச்சிறியனவாக, நம் கண்ணுக்குப் புலப்படும். இவ்வாறு 5



படம் 87

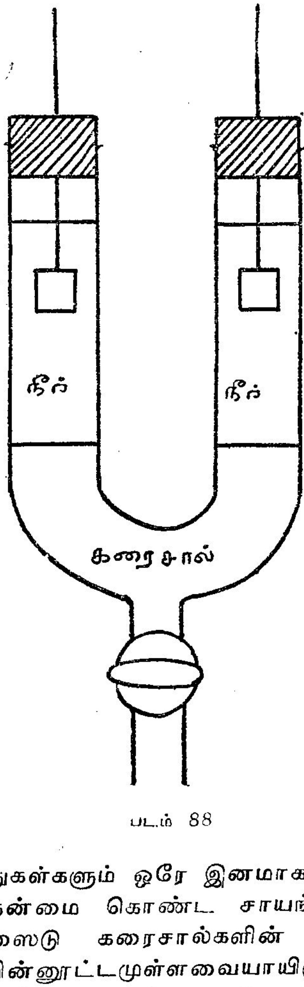
முதல் 10 mμ வரை விட்டமுள்ள துகள்களைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இக்கருவியல் பிரகாரசமான ஒளிக்கதிர் ஒரு கலத்திலுள்ள கரைசாலில் செலுத்தப்படுகின்றன. கரைசலில் ஒளி வழி சுந்தமாக இருந்தால் நுண்ணோக்கியல் ஒன்றும் தெரியாது. கரைசலில் கூழ்நிலைத் துகள்கள் உள்ளபோது கறுப்பான வட்டத்தில் ஒளிப்புள்ளிகள் அங்குமிங்கும் நகர்ந்து கொண்டிருப்பது தெரியும்.

அல்ட்ரா மைக்ராஸ் கோப்பின் வழியாகப் பார்க்கும்போது துகள்கள் அங்குமிங்கும் விரைவாகவும், தொடர்ந்தும் ஓடியாடிக் கொண்டிருப்பது தெரிகிறது. இதை முதன் முதலாக 1827-ல் பிரௌன் எனும் ஆகிங்ல தாவரவியல் நிபுணர் கண்டு பிடித்தார். இது அவரது நினைவாக பிரௌனின் இயக்கம் எனப் படுகிறது. ஊடகத்தின் மூலக்கூறுகள் துகள்களின் மேல் மோதுவதால் இது ஏற்படுகிறது. மூலக்கூறுகள் நிற்காமல் இயங்கிக் கொண்டேயிருக்கின்றன எனும் இயக்கக்கோட்டிற்கு (Kinetic theory) இது ஒரு சான்றுகும்,

மின்சாரப் பண்புகள் (Electrical Properties)

கரைப்பான் வெறுக்கும் கரைசாலை மின்புலத்தில் வைத்தால் கூழ்நிலைப் பொருட்கள் ஏதாவதொரு பக்கம் நகர்கின்றன. பரவல் ஊடகத்தைப் பொறுத்து கூழ்நிலைத் துகள்கள்

மின்னூட்டமுள்ளவை என்பதை இது உறுதி செய்கிறது. கூழ் நிலைத் துகள்கள் மின்னழுத்த வசப்பட்டு நகரும் தன்மையை மின்வாய்க் கவர்ச்சி (Electio phoresis) எனலாம்.



படம் 88

U-வடிவமுள்ள ஒரு குழாயில் கரைசாலை எடுத்துக் கொண்டு அதற்கு மேல் இரு புறத்திலும் நீரைச் சேர்த்து கரைசாலுக்கும், நீருக்குமிடையிலான பிரிதளம் தெளிவாகத் தெரியுமாறு அமைக்க வேண்டும். இரு பிளாட்டின மின்வாய்களை நீரில் வைத்து மின்னியக்கு விசையைச் செலுத்தினால், நீருக்கும் கரைசாலுக்குமிடையிலுள்ள பிரிதளம் நகரும். இதன் வேகத்தையும் அளக்கலாம். மேலும் பிரிதளம் தெளிவாகத் தெரியுமாறு அமைக்க வேண்டும். இரு பிளாட்டின மின்வாய்களை நீரில் வைத்து மின்னியக்கு விசையைச் செலுத்தினால், நீருக்கும் கரைசாலுக்கும் இடையிலுள்ள பிரிதளம் நகரும். இதன் வேகத்தையும் அளக்கலாம். மேலும் பிரிதளம் மின் முனையை நோக்கி நகரும் திசையைக் கொண்டு துகள்களின் மின் குறியையும் கண்டுபிடிக்கலாம். ஒரு கரைசாலிலுள்ள எல்லாத் துகள்களும் ஒரே இனமாக மின்னூட்டப்பட்டிருக்கும். காரத் தன்மை கொண்ட சாயங்கள் மற்றும் உலோக ஹைட்ராக்ஸைடு கரைசால்களின் துகள்கள் அனேகமாக நேரின மின்னூட்டமுள்ளவையாயிருக்கின்றன. உலோகங்கள், சல்பர், உலோக சல்பைடுகள், அமிலத் தன்மை கொண்ட சாயங்கள் முதலியவற்றின் கரைசால் துகள்கள் எதிரின பன்னூட்டமுள்ளவை. மின்வாய்க் கவர்ச்சியை நீடிக்கவிட்டால் கரைசால் மின்விசையைத் தொட்டுவிடும். அதனால் வீழ்படிவாகிவிடும். பாக்டீரியா, கூழ்நிலைப் பொருள்கள் ஆகியவற்றின்

மின்னூட்டத்தின் இனத்தைக் கண்டுபிடிப்பதில் மின்வாய்க் கவர்ச்சி பயன்படுகின்றது.

கரைப்பான் விரும்பும் பொருள்களும் மின்வாய்க் கவர்ச்சி உள்ளவையே. இதிலிருந்து அவற்றிலும் ஓரின மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்கள் உள்ளன என்பது தெரிகிறது. ஆனால் அவற்றில் உள்ள துகள்களின் மின்னேற்றம் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவைப் பொறுத்துள்ளது.

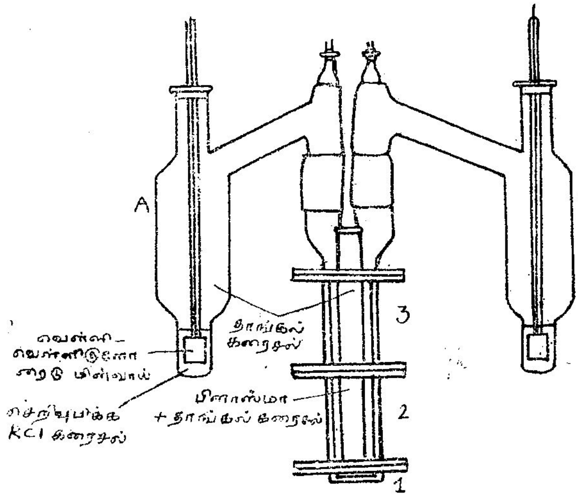
இவ்வகையில் மின்பகு பொருள்களுக்கும், கரைசல்களுக்கும் இடையிலுள்ள முக்கியமான வேறுபாடு என்னவெனில் மின்பகு பொருள்களில் நேரினம், எதிரினம் ஆகிய இருவகையான அயனிகளும் சம அளவில் இருப்பதால் கரைசல் நடுநிலையிலிருக்கும். ஆனால் கரைசாலில் எல்லாத் துகள்களுமே நேரினமாகவோ அல்லது எதிரினமாகவோ மட்டுமே இருக்கும்.

கரைப்பான் விரும்பும் பொருள்களின் மின்வாய்க் கவர்ச்சி

கரைசலிலிருக்கும்போது கரைப்பான் விரும்பும் கரைசால் பண்புகளைக் காட்டுகின்ற ஸ்டார்ச், புரோட்டீன் ஆகியவை உயிரியல் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. மின்வாய்க் கவர்ச்சியின்போது புரோட்டீன்கள் நகரும்திசை, பரவல் ஊடகத்தின் PH மதிப்பைப் பொறுத்தது. புரோட்டீன்கள் அமில ஊடகத்திலிருக்கும்போது அதன் மூலக்கூறுகள் நேரின மின்னூட்டப்பட்டவையாயும், கார ஊடகத்தில் எதிரின மின்னூட்டப்பட்டவையாகவும் இருக்கும். நேரின மின்னூட்டமுள்ளபோது அவை எதிர்மின்வாயை நோக்கியும், எதிரின மின்னூட்டமுள்ளபோது அவை நேர்மின்வாயை நோக்கியும் நகரும். வெவ்வேறு புரோட்டீன்கள் ஒரே அளவான ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவில் வெவ்வேறு வேகங்களுடன் நகரும். இந்தத் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி ஒரு கலவையிலுள்ள புரோட்டீன்களைப் பிரித்தெடுத்து அவற்றை இனங் கண்டுபிடிக்கலாம். டிசெலியஸ் (Tiselius) கருவியைப் பயன்படுத்தி இரத்த பிளாஸ்மா இந்த வகையில் ஆராயப்படுகின்றது.

படத்தில் 1, 2, 3 எனக் குறியிடப்பட்ட பகுதிகள் தட்டையான, ஒளி புகக்கூடிய U-குழாயாகும். இந்த மூன்று பகுதிகளை தனித்தனியாகக் கிடைத்திசையில் நகர்த்தலாம். பலவகை புரோட்டீன்கள் அடங்கியதான பிளாஸ்மா, தக்க PH மதிப்புள்ள ஒரு தாங்கல் கரைசலோடு கலக்கப்பட்டு 1, 2 பகுதிகளில் வைக்கப்படும். 3-ம் பகுதியில் தாங்கல் கரைசல் மட்டும்

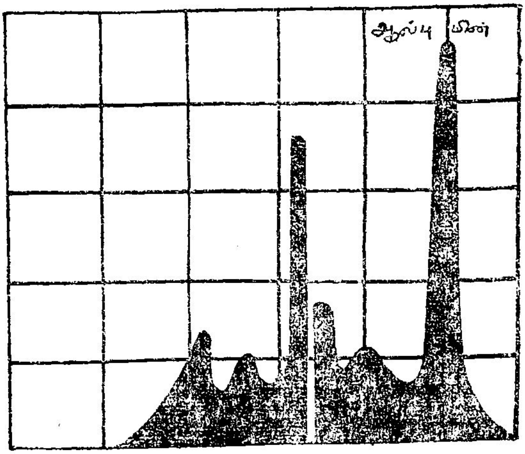
இருக்கும். வெள்ளி-வெள்ளி குளோரைடு மின்வாய்கள் A-யிலும், A^1-யிலும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. அவற்றைச் சுற்றி செறிவுமிக்க சோடியம், அல்லது பொட்டாசியம் குளோரைடு கரைசலிருக்கிறது. கருவி முழுவதையும் தாங்கல் கரைசலால் நிரப்பிவிட்டால் U-குழாய்க்கும் மின்வாய்களுக்கும் இடையில் தொடர்பு ஏற்பட்டுவிடும். கார குளோரைடு கரைசலைக் கலக்கி



படம் 89

விடாமல் கவனமாகத் தாங்கல் கரைசலை நிரப்பவேண்டும். மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தினுல் மின்வாய்க் கவர்ச்சி ஏற்பட்டு வெவ்வேறு புரோட்டீன்கள் தனித்தனியாகப் பிரிகின்றன. ஆகவே தெளிந்த கரைசலும், வெவ்வேறு புரோட்டீன்களுமாக மாறிமாறி படலங்கள் தோன்றும். U குழாயில் ஒரு ஒளிக் கற்றையைக் குவியப்படுத்தினுல் அது கரைசால் வழியாகவும், மெய்யான கரைசல் வழியாகவும் செல்லும். ஆனுல் ஒரு புரோட்டீனுக்கும், மெய்யான கரைசலுக்கும் இடையிலுள்ள பிரிதளத்தில் கற்றை ஒரு பக்கமாக விலக்கப்படும். இதை ஒரு மைக்ரோ போட்டோ மீட்டரில் பதிவு செய்யலாம். சாதாரண மான மனித பிளாஸ்மாவிற்கான மின்வாய் அழுத்தப்பாங்கு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதிலுள்ள ஒவ்வொரு முகடும், ஒரு தெளிவான பிரிதளத்தால் தோற்றுவிக்கப்படுவது. அவற்றின் நிலைகள் புரதங்களில் தன்மைகளைக் குறிப்பிடுகின்றன. ஒவ்வொரு புரதத்தின் அளவும், வரைபடத்தில் அதன் கோடு

அடைத்துக் கொண்டிருக்கும் பரப்பளவிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.



படம் 90

மின்னூற் பரவல் (Electro osmosis)

கரைசாலுக்குப் பதிலாக தூள் செய்யப்பட்ட சிலிகாவை வைத்து மின்வாய்க் கவர்ச்சி சோதனையைச் செய்தால் எதிர் மின்வாய்ப் புயத்தில் நீர்மட்டம் ஏறி, மற்ற புயத்தில் நீர்மட்டம் இறங்குவதைக் காணலாம். அதாவது நீர் எதிர்மின்வாயை நோக்கி நகருகிறது. மின்னோட்டத்தின் காரணமாக பரவல் ஊடகம் இயங்குவது மின்னூற்பரவல் (Electro osmosis or Electro Endosmosis) எனப்படும்.

கரைசால்களின் மின்னூட்டமும் நிலைத் தன்மையும்

கரைப்பான் வெறுக்கும் கரைசால்கள் மின்வாய்க் கவர்ச்சிக்கு ஆளாவதிலிருந்து கூழ்நிலைத் துகள்கள் மின்னூட்ட முள்ளவை என்பது தெளிவாகிறது. இந்த மின்னூட்டமே அவற்றை நிலையாக வைத்திருக்கிறது. கரைசாலில் உள்ள எல்லாத் துகள்களுமே ஒரே இனமாக மின்னூட்டப்பட்டிருப்பதால் அவை ஒன்றையொன்று நெருங்க முடியாது. ஒவ்வொரு துகளும் தன்னைச் சுற்றியுள்ள மின்புலத்தால் மற்ற துகள்களிடமிருந்து பிரித்து வைக்கப்படுகிறது. அந்த மின்புலம் மறைந்து போனால் துகள்கள் கூடி இணைந்துவிடும். அதனால் பரவல் சிதைந்துபோய், பொருள் வீழ்படிவாகும். கரைப்பான்

விரும்பும் கரைசால்களில் மின்னூட்டத்துடன் துகள்களில் நீர்ச் சூழலும் (Hydration), அவற்றை நிலைப்படுத்துவதில் உதவி செய்கிறது.

பெரும்பாலான கரைசல்களில் துகள்கள் அயனிகளின் பரப்பு ஊன்றுகையினால் மின்னூட்டம் பெறுகின்றன. மின்னிணை திறன் (electrovalent) உள்ள திண்மங்கள் தமக்குப் பொதுவான அயனிகளையே விரும்பிக் கவருகின்றன. இவ்வாறு வெள்ளி குளோரைடு Ag^+ அல்லது Cl^- அயனிகளையே பரப்பு ஊன்றுகை செய்கிறது. Ag^+ அயனிகள் பரப்பூன்றினால் வெள்ளி குளோரைடு கரைசால் நேரினமாகவும், Cl^- அயனிகள் பரப்பூன்றினால் எதிரினமாகவும் மின்னூட்டப்படுகின்றது.

திரிதல் (Coagulation) அல்லது வீழ்படிதல்

கூழ்நிலைப் பிரிகைத் துகள்களை வீழ்படிவாக்க வேண்டுமானால் கரைசால்களின் நிலைத் தன்மையைக் குலைக்க வேண்டும். கரைப்பான் வெறுக்கும் கரைசால்களில் துகள்களின் மின்னூட்டத்தை நீக்கவேண்டும். இதைப் பலவகைகளில் செய்யலாம். நெடுநேரத்திற்கு மின்வாய்க் கவர்ச்சியைச் செலுத்தினால் கூழ்நிலைத் துகள்கள் மின்வாயை அடைந்து மின்னிறக்கமாகிவிடும். திரும்பத் திரும்பக் கூழ்பிரிகை செய்தால் பரப்பு ஊன்றிய அயனிகள் நீக்கப்பட்டு மின்னூட்டமில்லாத துகள்கள் திரிந்து இணைகின்றன. மின்பகுபொருள்களைச் சேர்த்தும் திரிதலை ஏற்படுத்தலாம். மைக்கேல்பாரடே சோடியம் குளோரைடைச் சேர்த்தால் கூழ்நிலைத் தங்கல் திரிந்து அதன் நிறம் இரத்தினச் சிவப்பிலிருந்து நீலமாகி விடுவதைக் கண்டால், கூழ்நிலைத் துகள்களின் மின்னூட்டத்திற்கு நேரெதிரான மின்னூட்டமுள்ள அயனிகளே கரைசாலில் வீழ்படிவை ஏற்படுத்துகின்றன. ஒரு அயனியிலுள்ள அலகு மின்களின் எண்ணிக்கை அதன் இணைதிறனுக்குச் சமமாதலால் அயனியின் இணைதிறன் அதிகமாயிருந்தால், அதிலுள்ள மின்னூட்டமும் அதிகமாயிருக்கும். எனவே ஒரு இரட்டை இணைதிறன் அயனியைச் சேர்ப்பது இரண்டு ஒற்றை இணைதிறன் அயனிகளைச் சேர்ப்பதற்குச் சமமாகும்.

பொதுவாக கரைசாலைத் திரியவைக்கும் அயனியின் மின்னூட்டம் கூழ்நிலைத் துகள்களின் மின்னூட்டத்திற்கு நேரெதிரான குறியுடையது. அந்த அயனியின் இணைதிறன் கூடக்கூட, அதன் திரியவைக்கும் திறனும் வெகுவாகக் கூடுகிறது. இக்கூற்றுக்கள் ஹார்டி ஷுல்ஸ் (Hardy Shulze) விதி எனப் படும்.

சில சமயங்களில் ஒரு கரைசலுடன், நேரெதிர் குறியுடைய இன்னொரு கரைசாலைச் சேர்த்துத் திரிய வைக்கலாம். இது பரஸ்பர வீழ்படிவங்கள் (mutual precipitation) எனப்படும். ஆர்சனிக் சல்பைட்டின் கரைசலுடன் ஃபெர்ரிக் ஹைட்ராக்-ஸைடு கரைசாலைக் கலந்தால் உடனடியாக ஒரு வீழ்படி ஏற் படுகின்றது.

ஒரு கூழ் பொருள் வீழ்படிவாவது, அதற்கு எதிரான மின் னூட்டமுள்ள மின்பகு பொருள் அல்லது கூழ் பொருள் கலக்கப் படுகின்ற விதத்தையும் பொறுத்துள்ளது. வீழ் படிவாக்கும் கூழ் பொருளைச் சிறிது சிறிதாகச் சேர்ப்போமானால் அதிக அளவு சேர்ந்த பின்னரே வீழ்படி ஏற்படும். அதைவிடக் குறைந்த அளவை ஒரே சமயத்தில் சேர்த்தால் உடனடியாக வீழ்படிவு ஏற்படும். மேலும் சில சமயங்களில் வீழ்படிவே ஏற் படாமல் போய், கூழ் பொருளின் மின்னூட்டத்தின் குறிமட்டும் மாறியிருக்கும். பல கரைசால்களைச் சூடாக்கியே திரிய வைக்கலாம்.

சிறிய அளவில் மின்பகு பொருள்களைச் சேர்த்தால் கரைப்பான் விரும்பும் கரைசால்களில் வீழ்படிவு ஏற்படாது. ஏனெனில் துகள்கள் நீரால் அல்லது கரைசலால் சூழப்பட்டிருப்ப தாலும் அவை நிலையாக இருக்கின்றன. ஆனால் நிறைய மின் பகு பொருளைச் சேர்த்தால் கரைசால் வீழ்படிவாகிவிடும். இம் முறை உப்பால் வெளியேற்றல் (Salting out) எனப்படும். துகள் களைச் சற்றியுள்ள நீர் நீக்கப்படுவதால் இது ஏற்படக்கூடும்.

ஒரு கரைப்பான் விரும்பும் கரைசாலின் வீழ்படிதல் மீள் தன்மையுடையதாகும். வீழ்படிந்த கரைசாலிருந்து மின்பகு பொருளை எடுத்துவிட்டால் அது கூழ்நிலைக்கு மீண்டுவிடுகிறது. ஆனால் கரைப்பான் வெறுக்கும் கரைசால்களுக்கு இவ்வாறு செய்யமுடியாது. இதன் காரணமாகவே சில சமயங்களில் கரைப்பான் விரும்பும் கரைசால்கள் மீள்திறனுள்ள (Reversible) கூழ் நிலைப் பொருள்கள் எனவும் கரைப்பான் வெறுக்கும் கரை சால்கள் மீள்திறன் அற்ற (Irreversible) கூழ்நிலைப் பொருள்கள் எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன.

காப்புச் செயலும் (Protective Action) கூழ் காப்புத்திறன் எண்ணும் (Gold number)

ஒரு கரைப்பான் விரும்பும் கரைசாலைக் கரைப்பான் வெறுக் கும் கரைசாலுடன் கலந்தால், பின்னது மின்பகு பொருள்

களால் வீழ்படிவாக்கப்படுவதில்லை. ஒரு கரைசாலை மற்றொன்று பாதுகாப்பளிக்கின்ற செயலுக்கு இது ஒரு எடுத்துக்காட்டு. இங்கு கரைப்பான் விரும்பும் கரைசால் பாதுகாப்புக் கரைசலாக வும், கரைப்பான் வெறுக்கும் கரைசால் பாதுகாக்கப்படும் கரைசலாகவும் உள்ளன. ஆல்புமின், ஜெலாடின், பிசின் போன்ற கரைப்பான் விரும்பும் கரைசால்கள், தங்களுக்குள்ள குணமான மின்பகு பொருள்களால் நிலை குலையாத தன்மையை கரைப்பான் வெறுக்கும் கரைசாலுக்குக் கொடுக்கின்றன எனத் தோன்றுகிறது. ஜெலாட்டின் ஒரு சிறந்த பாதுகாப்புப் பொருளாகும். பாதுகாப்புக் கூழ் நிலைப் பொருள், பாதுகாக்கப் படும் கூழ்நிலைப் பொருளின் மேற்பரப்பில் மின் புலத்திறனல் அல்லது இரசாயன மாற்றத்தால் பரவி, கரைப்பான் வெறுக்கும் கரைசாலுக்குத் தனது பண்புகளைக் கொடுக்கிறது எனத் தோன்றுகிறது.

ஸீக்மாண்டி எனும் விஞ்ஞானி பலகூழ் நிலைப் பொருள் களின் காப்புத் திறனை கூழ்காப்புத்திறன் எண் (gold number) எனும் அலகில் வெளியிட்டார்.

கூழ்காப்புத் திறன் எண் (gold Number)

ஒரு க.செ.மீ. பருமனுள்ள 10% சோடியம் குளோரைடு கரைசலை விரைவாகக் கலப்பதனல் 10க.செ.மீ. பருமனுள்ள திட்ட (Standard) தங்கக் கரைசாலைத் திரியாமல் நிறுத்துவதற்கு வேண்டிய பாதுகாக்கும் கூழ்நிலைப் பொருளின் மிலிகிராம் எடை அதன் கூழ் காப்புத்திறன் எண் ஆகும்.

கூழ் காப்புத்திறன் எண் குறையக் குறைய, கரைப்பான் விரும்பும் கரைசால் அதிகமான பாதுகாக்கும் திறனுடையதாக இருக்கும். பின்வரும் அட்டவணையில் சில கரைசால்களின் கூழ் காப்புத்திறன் எண் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

கரைப்பான் விரும்பும் கரைசால்	கூழ்காப்புத்திறன் எண்
ஜெலாட்டின்	0·005-0·01
ஆல்புமின்	0·1-02
அரபிக் பிசின்	0·15-0·25
உருளைக் கிழங்குமாவு (Startch)	25

களிகள் (Gels)

கரைப்பான் விரும்பும் கரைசாலைச் சில சந்தர்ப்பங்களில் இறுகியும் இறுகாமலும் உள்ள ஜெல்லி போன்ற திடப்பொருளாக, கரைசாலில் உள்ள அவ்வளவு திரவத்தையும் உள்ளடக்கிக்கொண்ட நிலையில் தோய வைக்கலாம். இப்பொருள்கள் களிகள் எனப்படும். அவற்றின் பண்புகளைப் பொறுத்து அவற்றை மீட்சியுள்ள களி (Elastic Gel), மீட்சியற்ற களிகள் (Non elastic Gel) என இருவகைப்படுத்தலாம். நீரில் ஜெலாட்டினைச் சூடாக்கி பின்னர் குளிர வைத்தால் குறிப்பிட்ட மீட்சியுள்ள ஜெல்லி கிடைக்கும். பழ ஜெல்லிகள், ஜாம்கள் ஆகியவை இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை. அவை ஒளிபுகக் கூடியவையாகவோ, ஒளிகசியக் கூடியவையாகவோ இருக்கும். மீட்சியற்ற வகைக்கு சிலிசிக் அமிலம் எடுத்துக் காட்டாகும். அதை சிலிசிக் அமிலம் எடுத்துக் காட்டாகும். அதை சிலிகா களி என்றும் சொல்வதுண்டு. சரியான அடர்வு நிலையில் சோடியம் சிலிகேட்டையும், ஹைட்ரோ குளோரிக் அமிலத்தையும் கலந்தால் சிலிசிக் அமிலக் களி கிடைக்கும். உடனே களி உண்டானாலும் அது இறுகுவதற்குச் சிறிது தாமதமாகும்.

மீட்சியுள்ள களிகளைச் சூடாக்கிக் குளிரவைத்தால் மீட்சித் தன்மையுள்ள திடப்பொருள் கிடைக்கும். ஒரு மீட்சியற்ற களிகளைச் சூடாக்கினால் அது நொறுங்கித் தூளாகி, மீட்சியை இழந்துவிடும். உலர்த்தப்பட்ட சிலிகா களி பெருமளவில் நீராவியை உறிஞ்சக் கூடியது. இந்தப் பண்பின் காரணமாக இரும்பாலைகளில் உலைக்காற்றை உலரவைக்கவும், டெசிகேட்டர்களிலும் இது பயன்படுகிறது.

சற்றே உலர்ந்த ஒரு மீட்சியுள்ள களி நீராவியை உறிஞ்சி ஒரு மீட்சியுள்ள திண்மமாகும். அதை நீரில் வைத்தால் மேலும் நீரை உறிஞ்சி உப்பிவிடும். இந்த இயல்பு, நீர் உறிஞ்சு தன்மை (Imbibition) அல்லது உப்பல் (Swelling) எனப்படும். இது உண்மையில் கரைப்பான் விரும்பும் கூழ் பொருள்கள் நீரைப்பெறுகின்ற ஒரு முறையேயாகும். பெரும்பாலான விலங்கு, தாவரதிசுக்கள் இந்த இயல்பைப் பெற்றுள்ளன. மீட்சியற்ற களிகளுக்கு இத்தன்மை கிடையாது. ஆனால் இவை ஈரமற்ற நிலையில், பருமன் பெருகாமல் நீரை உறிஞ்சும். மீட்சியுள்ள களிகள் நீரை விரும்பி உறிஞ்சுவதால் அவை பெரும் அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்டபோதிலும், நீர் உறிஞ்சு தன்மையும், உப்பலும் தடைபடாமல் நிகழ்கின்றன. இவ்விதமான களியின் உப்பலைத் தடுத்து நிறுத்தத் தேவையான

அழுத்தம் அதன் நீர் உறிஞ்சு தன்மை அழுத்தம் (Imbibition Pressure) எனப்படும்.

நீர் விரும்பும் கூழ் பொருள்களின் நீரைத் தக்க வைத்துக் கொள்ளும் திறன், இரத்தத்தின் பயனுள்ள சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைப் பராமரிப்பதில் உதவி செய்கிறது. இரத்தத்திலுள்ள புரோட்டீன்கள், கரைப்பான் விரும்பும் கூழ்பொருளாகும். அவற்றின் நீர் உறிஞ்சு தன்மை அழுத்தம் இரத்தத்தின் பருமனையும், அழுத்தத்தையும் ஒழுங்குபடுத்தி, இரத்தத்திற்கும் திசுக்களுக்கும் இடையில் தக்க நீரின் சமநிலையையும் ஒழுங்குபடுத்தப்படுகிறது. அறுவை மருத்துவ அதிர்ச்சியில் (Surgical shock) இரத்தப் பெருக்கு இல்லாவிடினும் இரத்தத்திலிருந்து திசுக்களுக்கு கணிசமான அளவு நீர் சென்றுவிடுவதால் இரத்தின் பருமன் கணிசமாகக் குறைந்த இரத்த அழுத்தமும் குறைந்துவிடும். கடுமையான இரத்தப் பெருக்கின் போதும் இதேபோல ஏற்படும். அப்போது இரத்த பிளாஸ்மாவை உட்செலுத்தி இரத்தத்திலுள்ள புரத இருப்பைப் பழைய அளவிற்குக் கொண்டு வரப்படும். இந்த புரோட்டீன்கள், திசுக்களிலிருந்து நீரை உறிஞ்சுவதால், இரத்த அழுத்தம் அதிகரித்து அதிர்ச்சியின் அறிகுறிகள் மறையும்.

களிகளில் மின்பகு பொருள்களிலிருந்தால் அவற்றின் நீர் உறிஞ்சு தன்மை பாதிக்கப்படும். சில குறிப்பிட்ட செறிவுகளில் அமிலங்களோ, காரங்களோ இருப்பது புரதம், ஜெலாட்டின், பைபிரின் (Fibrin) ஆகியவற்றின் நீர் உறிஞ்சு தன்மையைக் குறைக்கின்றன. வெவ்வேறு உப்புகளிலிருந்து தோன்றும் வெவ்வேறு அயனிகள், வெவ்வேறு அளவுகளுக்கு நீர் உறிஞ்சு தன்மையைப் பாதிக்கின்றன. உடல் திசுக்களிலுள்ள களிகள் உடலிலுள்ள நீரில் சுமார் 80 சதவீதத்தை உறிஞ்சிவிடுகின்றன. இத்திசுக்களைச் சுற்றியுள்ள ஊடகத்திலிருக்கும் எதிர்ப்பு அயனிகள், களிகளின் நீர் உறிஞ்சு தன்மையை பல்வேறு வீதங்களில் பாதிக்கின்றன. எனவே செல்கள் நலமாக செயல்படுவதற்கு இந்த எதிர்ப்பு அயனிகள் ஊடகத்தில் தக்க விகிதங்களில் கலந்திருக்க வேண்டுவது அவசியமாகும். செல்களைச் சுற்றியுள்ள ஊடகத்தில் Na^+,K,$^+Ca^{++}$ போன்ற அயனிகள் ஒரு குறிப்பிட்ட விகிதத்தில் இருக்கவேண்டும்.

பால்மங்கள் (Emulsions)

ஒரு திரவத்தின் சிறுதுளிகள் மற்றொரு திரவத்தில் பரவியிருக்கும் நிலைக்குப் பால்மம் எனப்பெயர். இத்துளிகளின்

விட்டம் 0·1 முதல் 1μ வரையிருப்பதால் அவை கரைசாலி லுள்ள துகள்களைவிடப் பெரியவை. பால் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க பால்மமாகும். அதில் கொழுப்பு, நீரில் பரவிருக்கிறது. மீன் எண்ணெய்ப்பால்மத்திலே, நீர்த்துளிகள் எண்ணெயில் பரவியிருக் கின்றன. ஹைட்ரோ கார்பன் எண்ணெயை நீரிலிட்டு நன்ருகக் குலுக்கினாலும், அனிலீன் அல்லது நைட்ரோ பென்சீன் போன்ற கரிமத் திரவத்தை நீராவியால் காய்ச்சி வடித்தாலும், ஆல்கஹால், அல்லது அசிடோனில் கரிமத் திரவம் சேர்ந்த கரைசலை அதிக அளவு நீரில் ஊற்றினாலும், நீரில் எண்ணெயுள்ள பால்மம் உண்டாகும். இவற்றில் சிறு எண்ணெத்துளிகள் நீரில் பரவியிருக்கும். வேறு சில பால்மங்களில் நீர்த்துளிகள் எண்ணெயில் பரவியிருக்கும். அவை எண்ணெயில் நீர் பால்மங் கள் எனப்படும்.

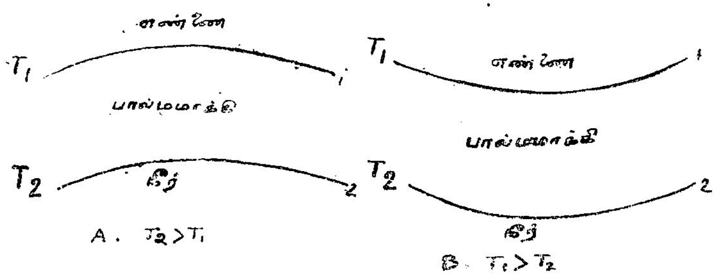
அவற்றை அடையாளம் கண்டுபிடிப்பதற்குப் பல முறைகள் உள்ளன. ஒரு நுண்ணோக்கியினடியில் சிறிது பால்மத்தை வைத்து ஒரு துளி எண்ணெயையோ அல்லது நீரையோ பக்கத் தில் வைத்து இரண்டையும் ஒன்று சேர்க்கப்படும். நீரில் எண்ணெ பால்மமானால் அது நீர்த்துளியுடன் எளிதாகக் கலக்கும். ஆனால் எண்ணெயுடன் கலக்காது. ஏனெனில் இதில் நீர்தான் பரவல் ஊடகம். மாருக எண்ணெத்துளி எளிதாகப் பால்மத் துடன் கலந்து ஒன்றினால், கொடுக்கப்பட்டது எண்ணெயில் நீர் பால்மம் என முடிவு செய்துவிடலாம்.

பொதுவாக பால்மங்கள் நிலைத்து நிற்பதில்லை. ஏதாவது ஒரு பால்மமாக்கி (Emulsifier), அல்லது நிலைப்படுத்தும் பொருள் (Stabiliser) இருந்தால்தான் அவை நிலைத்திருக்கும். பால்மம் ஆக்கிகளில் இருவகையுண்டு. சவர்க்காரம், சங்கிலித் தொடர் மூலக்கூறுகளுள்ள சல்பானிக் அமிலங்கள் ஆகியவை முதல் வகையைச் சேர்ந்தவை. இவை பொதுவாக சுத்திகரிப்புப் பொருள்கள் (Detergents) எனப்படும். அவற்றின் சுத்திகரிப்புச் செயல் அவற்றின் பால்மமாக்கும் பண்பினாலேயே ஏற்படுகிறது. இவை எண்ணெப் பசையையும், அழுக்குகளையும் பால்மமாக மாற்றி தூசுகளையும் அதோடு சேர்த்து வெளியேற்றி விடுகின் றன. கரைப்பான் விரும்பும் பொருள்களான புரதங்கள், பிசின் கள் ஆகியவை இரண்டாவது வகையைச் சேரும். பாலில் கேசீன் எனும் புரதம் பால்மமாக்கியாகச் செயல்படுகிறது.

ஒன்ருேடொன்று கலக்காத (நீர், எண்ணெ போன்ற) இரு திரவங்கள் ஒன்றையொன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கையில்

அவற்றிற்கிடையில் ஒரு முகவிடைப் பரப்பு தோன்றுகிறது. இதன் இரு புறங்களிலுமுள்ள பரப்பு இழுவிசை வேறுபட்டிருக்கும். அதிகமான பரப்பு இழுவிசையுள்ள திரவம் தனது பரப்பைச் சுருக்கிக் கொள்ள அதிகமான ஆர்வம் காட்டுமாதலால், இத்தகைய அமைப்பில் முகவிடைப்பரப்பு சோள வடிவிலிருக்கும். அதன் குழிந்த பரப்பு, உயர்ந்த பரப்பு இழுவிசையுள்ள பக்கத்தை நோக்கியிருக்கும். அந்தப் பக்கத்திலுள்ள திரவம் துளிகளாக உருவாக முயலும். ஒரு பால்மமாக்கிப் பொருளைச் சேர்த்தால் அது ஒரு மெல்லிய படலமாக பிரிகைத் துளிகளின் பரப்பிற்குப் ஊடகத்திற்குமிடையில் பரவும். இதனால் அங்கு எண்ணெ, பால்மமாக்கிகளுக்கிடையிலும், நீர், பால்மமாக்கிகளுக்கிடையிலுமாக இரு முகவிடைப் பரப்புகள் தோன்றுகின்றன. மேலும் இரு முகவிடைப் பரப்புகளின் பரப்பு இழுவிசையும் வெவ்வேறு அளவுற்குக் குறைக்கப்படுகிறது. உண்மையில் ஒரு நிலைப்படுத்தும் பொருளின் திறம் இந்த இயல்பைப் பொறுத்திருக்கிறது. இதனால் இருவகையான நிகழ்ச்சிகள் ஏற்படும் வாய்ப்புள்ளது.

(A)-ல் நீர்-பால்மமாக்கி முகவிடைப் பரப்பிலுள்ள இழுவிசை T_2 எண்ணெ-பால்மமாக்கி முகவிடைப் பரப்பிலுள்ள



படம் 91

இழுவிசை T_1-ஐவிட அதிகமாயிருக்கிறது. எனவே இரண்டாவது முகவிடைப் பரப்பு நீரை நோக்கிக் குழிந்துள்ளது. இதனால் இரண்டாவது முகவிடைப பரப்பு சுருங்கி நீர், எண்ணெயால் சூழப்படும். ஆகவே எண்ணெயில் நீர்த்துளிகள் உருவாகும்.

(B)-யில் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல T_2-வைவிட T_1 பெரியதாகவிருந்தால் நீரில் எண்ணெத்துளிகள் உருவாகும்.

சோப்புகளைப் பால்மமாக்கிகளாகப் பயன்படுத்தும்போது தோன்றும் பால்மத்தின் தன்மை, சோப்பின் தன்மையைப் பொறுத்திருக்கிறது. சோடியம், பொட்டாஷியம் சோப்பு களைப் பயன்படுத்தினால் நிலையான நீரில் எண்ணைப் பால்மங்கள் உண்டாகின்றன. ஏனெனில் சோடிய சோப்புநீர், பால்மமாக்கி முகவிடப் பரப்பு இழுவிசையை வெகுவாகக் குறைத்து விடுகிறது. ஆகவே அது எண்ணை பால்மமாக்கி முகவிடைப் பரப்பு இழுவிசையைவிட மிகவும் குறைந்ததாக நீரில் எண்ணைப் பால்மம் உண்டாகிறது. இதற்கு மாருக கால்ஷியம், பேரியம், ஸ்ட்ரான்ஷியம், அலுமினியம், இரும்பு அல்லது துத்தநாக சோப்புகள் பயன்படுத்தப்பட்டால் எண்ணையில் நீர் பால்மம் கிடைக்கிறது. எனவே காரம் அல்லது கால்ஷியம் சோப்புகள் இத்தகைய பால்மங்களை எதிர்க்கின்றன என்பது தெளிவாகிறது. சோடிய சோப்பினால் நிலைப்படுத்தப்பட்ட ஒரு நீரில் எண்ணைப் பால்மத்தில் ஒரு கால்ஷியப் உப்பைச் சேர்த்தால் சோடிய சோடிய சோப்பு கால்ஷியம் சோப்பாக மாற்றப்பட்டு விடுகிறது. அதனால் பால்மம் மாற்றம் அடைந்து எண்ணையில் நீர் பால்மமாகிவிடும். ஏனெனில் கால்ஷியம் சோப்பு எண்ணை-பால்மமாக்கி முகவிடைப் பரப்பு இழுவிசையை மிகவும் குறைத்துவிடுகின்றது.

பால்மம் அழித்தல் (Demulsification)

பால்மம் அழித்தல் என்பது பால்மம் ஆக்குதலுக்கு நேர் எதிரான செயலாகும். அதில் பால்மம் இரு தனியான திரவக படலங்களாகப் பிரித்துவிடப்படுகிறது. இரசாயன, பௌதிப் முறைகளைப் பயன்படுத்தி இதைச் செய்யலாம். கடைதல், சுழற்றுதல், உறையவைத்தல், சூடாக்குதல் போன்றவை பௌதிக முறைகளாகும். இரசாயன முறைகளில் பால்மமாக்கிப் பொருள் அழிக்கப்பட்டுவிடும். சோப்பினால் நிலைப்படுத்தப்பட்ட ஒரு பால்மத்தில் ஒரு அமிலத்தைச் சேர்த்தால், சோப்பு தனியான கொழுப்பு அமிலமாக மாற்றப்பட்டுவிடும். அதன் விளைவாகப் பால்மம் அழிந்துவிடும்.

பால்மங்களின் முக்கியத்துவம்

பித்த உப்புகள் (Bile Salts) எண்ணைகளையும், கொழுப்புகளையும் நீரில் பால்மமாக்கிவிடுகின்றன. எனவே அவை சிறு சிறு துளிகளாகப் பிரிந்து எளிதாக ஜீரணிக்கப்படுகின்றன.

இரத்த பிளாஸ்மாவை நீரில் சில கூழ் பொருள்களும் பைப்ரினோஜனும் (Fibrinogen) உள்ள பால்மமாகக் கருதலாம்.

இரத்தக் கட்டியை (Blood Clot) பைப்ரினில் (Fibrin) நீருள்ள பால்மமாகக் கருதலாம். கால்ஷிய உப்புகள் இவ்வாறு இரத்த உறைதலைத் தூண்டுகின்றன. சோடிய உப்புகள் இரத்தம் உறைதலைத் தடுக்கின்றன.

கூழ்நிலை மின்பகு பொருள்களும், டானன் சவ்வுச் சமநிலையும் (Colloidal Electrolytes and Donnan Membrane Equilibrium)

புரோட்டீன் உப்புகள், சோப்புகள், சில சாயங்கள் ஆகியவற்றின் கரைசல்கள் ஒரே சமயத்தில் கூழ்பொருள்களைப் போலவும், மின்பகு பொருள்களைப் போலவும் செயல்படுகின்றன. கரைசல்களில் அவை அயனிப் பிரிகை அடைந்து மின்னோட்டத்தைக் கடத்துகின்றன. அதற்கு மாறாக அயனிப் பிரிகையில் தோன்றும் ஒரு பொருள் பல மூலக் கூறுகளுள்ள அயனியாகச் செயல்படுகின்றது. அதன் விளைவாக அது ஒரு கூழ்நிலைத் துகளின் இயல்புகளைப் பெற்றிருக்கிறது. எனவே இத்தகைய ஒரு கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் கூழ்நிலைக் கரைசலின் அளவிற்குக் குறைவாக இருக்கும். இவ்வாறு நீரில் கரைந்தபோது ஒரே சமயத்தில் மின்பகு பொருளாகவும், கூழ்நிலைப் பொருளாகவும் செயல்படுகின்ற பொருள்கள் கூழ்நிலை மின்பகு பொருள்கள் எனப்படும். அவற்றில் எதிர் மின்வாய் அயனி பொதுவாக Na^+ அல்லது K^+ ஆகவும், நேர் மின்வாய் அயனி ஒரு சிக்கலான கூழ்நிலைப் பொருளாகவும் இருக்கும். ஒரு சவ்வு இந்த நேர் மின்வாய் அயனியைத் தன்னூடே பரவ விடாது. எனவே இந்த கூழ்நிலை அயனி சவ்வூடு செல்லாத அயனி (Non-diffusilete Ion) எனப்படும்.

டோனன் சவ்வுச் சமநிலை (Donan Equilibrium)

உடலின் செல்களில் பலவகையான சவ்வூடு செல்லுகின்ற அயனிகளும், சவ்வூடு செல்லாத அயனிகளும் உள்ளன. செல் சவ்வின் தேர்ந்து செலுத்துகின்ற பண்பு காரணமாக சில வகை குறிப்பிட்ட அயனிகள் உட்கவரப்படுவதற்கு இவை காரணமாகும். இதை டானன் சவ்வுச் சமநிலையின் அடிப்படையில் விளக்கலாம்.

ஒரே மின்பகு பொருளின் வெவ்வேறு செறிவுகளுள்ள இரு கரைசல்களை எடுத்துக் கொள்ளலாம். அவற்றை எல்லா அயனிகளையும் செல்லவிடக்கூடிய ஒரு சாதாரணச் சவ்வினால் பிரித்து வைத்தால், சவ்வின் வழியாக அயனிகள் செல்வதால், இரு பக்கத்திலுமுள்ள அயனிகளின் செறிவுகளின் பெருக்குத் தொகைகளும் சமமாகும்போது சமநிலை ஏற்படும்.

இடது $[Na^+] \times [Cl^-] = [Na^+] \times [Cl^-]$ வலது.

மொத்தத்தில் சவ்வின் இரு புறங்களிலுமுள்ள கரைசல்கள் மின் நடுநிலையிலிருப்பதால், இரு பக்கங்களிலும் நேரின மின் அயனிகளின் மொத்தச் செறிவுகள், எதிரின மின் அயனிகளின் மொத்தச் செறிவுகளுக்குச் சமமாக இருக்கும். எனவே ஒவ்வொரு இன அயனியின் செறிவும் இரு பக்கங்களிலும் சமமாயிருக்கும்.

அதாவது இடது $[Na^+]$ = வலது $[Na^+]$.

இடது $[Cl^-]$ = வலது $[Cl^-]$.

ஆனால் இரு சவ்வூடு செல்லக்கூடிய அயனிகளுள்ள மின்பகு பொருளின் கரைசலை, ஒரு சவ்வூடு செல்லாத அயனி (புரோட்டீன் போன்ற அயனி) உள்ள உப்பின் கரைசலிலிருந்து ஒரு சவ்வின் வழியாகப் பிரித்து வைத்தால் சமநிலையில் முதல் மின்பகு பொருள் இரு புறங்களிலும் சமஅளவில் பரவியிருக்காது. இது டானன் சவ்வுச் சமநிலை எனப்படும். இது ஒரு கூழ்நிலை. மின்பகு பொருள் இருப்பதால் சவ்வின் இரு புறங்களுக்குமிடையில் தோற்றுவிக்கப்படுகின்ற ஒரு அயனிச் சமநிலை ஆகும். டானனின் கூற்றுப்படி சவ்வூடு செல்லாத அயனி, சவ்வூடு செல்லும் அயனிகளைப் பரவத் தூண்டுகிறது. உண்மையில் (NaCl, KCl போன்ற) மின்பகு பொருளின் செறிவு கூழ்நிலை மின்பகு பொருளிலிருக்கும் பக்கத்தில் மறுபக்கத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கிறது. எனவே இரு சவ்வூடு செல்கிற அயனிகளுள்ள மின்பகு பொருள் கூழ்நிலை மின்பகு பொருளால் சவ்வின் மறுபக்கத்திற்குத் தள்ளப்படுகின்றது எனக் கூறலாம். சவ்வூடு செல்லும் அயனிகளுள்ள மின்பகு பொருளை, கூழ்நிலை மின்பகு பொருள் உள்ள பக்கத்திலிருந்து மறுபக்கத்திற்கு மட்டுமே செல்லவிட்டு, ஆனால் எதிர்த்திசையில் அது வருவதைச் சவ்வு தடுத்துவிடுவதுபோலத் தோன்றுகிறது. கூழ்நிலைப் பொருள் இல்லாதபோது சவ்வினூடே இருதிசைகளிலும் மின்பகு பொருள் தடையின்றிச் செல்லக்கூடியதாக இருக்கும்போது, கூழ்நிலைப் பொருள் சேர்க்கப்பட்டவுடன் அது ஒரு திசையில் மட்டுமே செல்லக் கூடியதாகிறது.

டானன் சமநிலையைப் பின்வரும் எடுத்துக் காட்டினால் விளக்கலாம். ஒரு புரோட்டீனின் சோடிய உப்பு NaP, NaCl போன்ற சோடிய உப்புக் கரைசலிலிருந்து ஒரு சவ்வினால் பிரிக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். NaP கரைசலின் செறிவு C_1 எனவும், NaCl கரைசலின் செறிவு C_2 எனவும்

கொள்வோம். இரு சேர்மங்களும் பின்வருமாறு அயனிப் பிரிகை அடையும்.

$$NaCl \rightleftharpoons Na^{+} + P^{-} \text{ (புரோட்டீன் அயனி)}$$

$$NaCl \rightleftharpoons Na^{+} + Cl^{-}$$

Na^{+} அயனிகளும், Cl^{-} அயனிகளும் மட்டுமே சவ்வின் வழியே செல்லக்கூடியவை என்போம். P^{-} அயனி சவ்வூடு செல்லாது. துவக்கத்தில் இந்த அமைப்பைப் பின்வருமாறு காட்டலாம்.

$$\begin{array}{ll|ll} Na^{+} & + P^{-} & Na^{+} & + Cl^{-} \\ C_1 & C_1 & C_2 & C_2 \end{array} \qquad (1)$$

இடது பக்கம் சவ்வு வலது பக்கம்

இங்கு இரு பக்கங்களிலும் Na^{+} அயனிகள் பொதுவாக உள்ளன. துவக்கத்தில் இது பக்கத்தில் Cl^{-} அயனிகள் இல்லை. சோடியம் அயனிகளுக்கு C_2-வைவிட. C_1 குறைவாயிருந்தால் அவை வலது பக்கத்திலிருந்து இடது பக்கத்திற்குப் பரவும். அதே எண்ணிக்கையில் குளோரின் அயனிகளும் பரவும். ஏனெனில் மின் நடுநிலை விதியின்படி நேர்மின்கள், எதிர்மின்கள் ஆகியவற்றின் மொத்த எண்ணிக்கை சமமாக இருக்கவேண்டும். இங்கு NaP-யின் Na^{+} அயனி சாதாரணமாக சவ்வூடு செல்லக் கூடியதாக இருந்தாலும், சவ்வின் வழியாகக் கணிசமான அளவிற்குச் செல்வதில்லை. ஏனெனில் P^{-} அயனியின் நிலை மின்கவர்ச்சி அதைத் தடுக்கிறது. மேலும் இரு புறங்களிலும் உள்ள கரைசல்கள் மின் நடு நிலையிலிருப்பதால் சவ்வூடு செல்லக் கூடிய அல்லது செல்லாத எதிரின அயனிகளின் செறிவு நேரின அயனிகளின் செறிவுக்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும். இரு பக்கங்களிலும் இந்த நிலை அவசியமானது. பரவலினால் வலது பக்கத்தில் சோடியம் குளோரைடின் செறிவில் ஏற்படும் குறைவு x எனில், சமநிலையில் பல்வேறு அயனி வகைகளின் செறிவு பின்வருமாறு இருக்கும்.

$$Na^{+} = P^{-} + Cl^{-} \rightleftharpoons Na^{+} = Cl^{-}$$

$$\begin{array}{ccc|cc} (Cl + x) & Cl & x & (C_2 - x) & (C_2 - x) \end{array} \qquad (2)$$

இடதுபக்கம் சவ்வு வலதுபக்கம்

அமைப்பு சமநிலையிலிருப்பதால் சோடியம் குளோரைடு சவ்வின் வழியாக இரு திசைகளிலும் சமமான வேகத்துடன் பரவிக் கொண்டிருக்கிறது. இப்போது ஒரு அயனி சவ்வின் வழியே செல்ல வேண்டுமானால் (a) அதே குறியுள்ள ஒரு அயனி அதே சமயத்தில் சவ்வின் மறுபக்கத்தில் மோதவேண்டும் அல்லது (b) எதிரான குறியுள்ள ஒரு அயனி, அதே சமயத்தில் சவ்வின் அதே பக்கத்தில் மோதவேண்டும். ஆஸ்ட்வால்டு சுட்டிக்காட்டியபடி வேறெந்த முறையிலும் அயனி மின்கள் பிரிக்கப்படவேண்டும். வலுமிக்க நிலைமின் விசைகள் தோற்று விக்கப்படுவதால் இது மிகக் குறைந்த அளவிலேயே ஏற்பட முடியும். (a) வகைப் பரிமாற்றங்கள் இறுதியான செறிவை எந்த விதத்திலும் பாதிப்பதில்லையென்பது வெளிப்படை. எனவே சமநிலைக்கான நிபந்தனையாவது Na^+, Cl^- அயனிகள் சவ்வின் இரு பக்கங்களிலும் சமமான எண்ணிக்கையுள்ள முறைகள் மோதவேண்டும். அந்த எண்ணிக்கை N, இரு அயனிகளின் செறிவிற்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். அதாவது

$$N_1 = K\,[Na^+]_{\text{இடது}}\,[Cl]_{\text{இடது}}.$$

$$N_2 = K\,[Na^+]_{\text{வலது}}\,[Cl]_{\text{வலது}}.$$

எனவே சமநிலையில்,

$$N_1 = N_2.$$

எனவே

$$[Na^+]_{\text{இடது}}\,[Cl^-]_{\text{இடது}} = [Na^+]_{\text{வலது}}\,[Cl^-]_{\text{வலது}} \quad (3)$$

(2)ம் சமன்பாட்டிலிருந்து செறிவுகளை (3)ம் சமன்பாட்டில் பதிலீடு செய்தால்,

$$(C_1 + x)\,x = (C_2 - x)\,(C_2 - x)$$

$$\text{எனவே}\quad \frac{x}{C_2} = \frac{C_2}{C_1 + 2C_2} \quad (4)$$

(4)-ம் சமன்பாட்டில் இடதுபக்கம் பரவுகின்ற மின்பகு பொருளின் (NaCl) பின்னத்தை $\frac{x}{C_2}$ குறிக்கின்றது. C_1 சுழிக்குச் சமமாக இருந்தால்தான் $\frac{x}{C_2} = \frac{1}{2}$. அதாவது சவ்வின் இரு புறங்களிலும் சோடியம் குளோரைடின் அளவு சமமாக இருக்கும்.

ஆனால் C_1 சுழிக்குச் சமமல்ல. அதாவது இடது பக்கத்தில் கூழ்நிலை மின்பகுபொருள் உள்ளது. எனவே கூழ்நிலை மின்பகு பொருள் உள்ள பக்கத்தில் $\frac{x}{C_2}$, $\frac{1}{2}$ஐவிடக் குறைவாயிருக்கும். இது டானன் கொள்கையை ஒத்திருக்கிறது. இரண்டு சவ்வூடு செல்கின்ற அயனிகள் உள்ள மின்பகு பொருள், கூழ்நிலை மின்பகு பொருள் இருக்கும் பக்கத்திலேயே இருந்தாலும், இதே போன்ற முடிவு கிடைக்கும். மேலும் கூழ்நிலை மின்பகு பொருளின் செறிவு அதிகரிக்கும்போது இரு பக்கங்களிலுமுள்ள மின்பகு பொருளின் செறிவுகளுக்கிடையிலுள்ள வேறுபாடும் அதிகரிக்கும்.

C_2, C_1ஐவிட மிகப் பெரியதாக இருந்தால் C_1-ஐப் புறக் கணித்து விடலாம். அப்போது $\frac{x}{C_2} = \frac{1}{2}$. எனவே இரு பக்கங் களிலும் சோடியம் குளோரைடு சமமான அளவில் பரவி யிருக்கும். இத்தகைய கூழ்நிலைகளில் சவ்வூடு செல்லாத அயனியின் விளைவு வெகுவாகக் குறைக்கப்பட்டு விடுகிறது.

சவ்வின் மறுபுறத்தில் சோடியம் குளோரைடு இருப்பதால் கூழ்நிலையின் பகுபொருளின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் வெகு வாகக் குறைக்கப்படுகிறது. சோடியம் குளோரைடின் செறிவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க கூழ்நிலை மின்பகு பொருளின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தம் குறைந்து கொண்டே செல்லும்.

டானன் சவ்வுச் சமநிலையினால் உடலில் ஏற்படும் மாற்றங்கள்

(a) ஹாம்பர்ஜர் விளைவு அல்லது குளோரைடு இடப்பெயர்ச்சி

இரத்தத்தில் சிவப்பு அணுக்களின் சவ்வு அணுக்களுக்குள் இருப்பனவற்றை பிளாஸ்மாவிடமிருந்து பிரித்து வைக்கிறது. சிவப்பு அணுக்களிலும், பிளாஸ்மாவிலும் பலவகைப் பொருள்கள் வெவ்வேறு செறிவுகளில் காணப்படுகின்றன. பிளாஸ்மாவிலும், சிவப்பணுக்களிலும் தாங்கல் பொருள்கள் உள்ளன. அணுக் களுக்குள் ஹீமோகுளோபின், புரதங்கள், பொட்டாசியம் அயனிகள், குளோரைடு அயனிகள், பைகார்பனேட் (HCO_3^-) அயனிகள் ஆகியவை உள்ளன. சிவப்பு அணுக்களைச் சுற்றி யுள்ள பிளாஸ்மாவில், புரோட்டீன்கள், சோடியம் அயனிகள், குளோரைடு அயனிகள், பைகார்பனேட் அயனிகள் ஆகியவை கள் உள்ளன. சிவப்பு அணுவின் சவ்வு பொட்டாசியம்,

சோடியம், ஹீமோகுளோபின், புரோட்டீன், மற்ற சூழ்நிலை எதிரின அயனிகள் ஆகியவற்றைத் தன்னூடே செல்லவிடாது. ஆனால் குளோரைடு, பைகார்பனேட், ஹைட்ரஜன் ஆகிய அயனிகள் அதன் வழியே செல்லும்.

இரத்தத்தில் கரியமிலவாயு நுழையும்போது பிளாஸ்மா விலும் சிவப்பணுக்களிலும் பைகார்பனேட் அளவு அதிகரிக் கிறது. சிவப்பணுக்களிலுள்ள குளோரைடு அளவு அதிகமாகி பிளாஸ்மாவிலுள்ள குளோரைடு அளவு குறைகிறது. இரத்தத்தி லிருந்து கரியமிலவாயு வெளியேற்றப்படுகையில் மேற்கண்ட வற்றிற்கு எதிரான மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. முதல் சந்தர்ப் பத்தில் பிளாஸ்மாவிலிருந்து அணுக்களுக்குள் குளோரைடு அயனிகள் செல்கின்றன; பின்னர் அணுக்களிலிருந்து பிளாஸ்மாவிற்கு வருகின்றன. எனவே இந்த மாற்றம் குளோரைடு இடப்பெயர்ச்சி அல்லது ஹாம்பர்ஜர் விளைவு எனப்படும்.

இரத்தத்தில் தோன்றும் கார்பானிக் அமிலம் முக்கியமாக ஹீமோகுளோபினிலிருந்து வெளிப்படுகின்ற காரங்களினால் நடு நிலையாக்கப்படுகிறது. பிளாஸ்மாவைவிட அணுக்களில் நடு நிலையாக்கக்கூடிய காரங்கள் அதிக அளவிலிருப்பதால், அணுக் களில் அதிக அளவில் பைகார்பனேட் (HCO_3^-) உருவாகிறது. இந்த உபரி பைகார்பனேட் அயனி சவ்வின் வழியாக பிளாஸ்மா விற்குள் பரவ முயல்கிறது. ஆனால் மின்நடுநிலையைப் பராமரிப்ப தற்காக, சமஅளவிலான நேரின அயனிகளும், அணுக்களி லிருந்து பிளாஸ்மாவிற்கு வரவேண்டும். ஆனால் அணுக்களி லுள்ள நேரின அயனிகள் சவ்வின் ஊடே செல்லக்கூடியவை யல்ல. எனவே அணுக்களிலேற்படும் எதிரின அயனிகளின் (HCO_3^-) இழப்பை ஈடுசெய்வதற்காக எண்ணிக்கையில் எதிரின குளோரைடு அயனிகள் பிளாஸ்மாவிலிருந்து அணுக் களுக்குள் செல்கின்றன. இவ்வாறு பிளாஸ்மாவிற்கும் அணுக் களுக்குள் இருப்பவைகளுக்குமிடையில் அயனிச் சமநிலை மீண்டும் நிறுவப்படுகின்றது. இது டானன் கொள்கைப்படியே உள்ளது.

(b) இரத்த அணுக்களும், களிகளும் உப்புதல்

பிளாஸ்மாவிலிருந்து அணுக்களுக்குள் குளோரைடு செல்வ தால், அணுக்களுக்குள்ளிருக்கும் அயனிகளின் மொத்தச் செறிவு, பிளாஸ்மாவிலிருப்பதைவிட அதிகமாயிருக்கிறது. **எனவே சவ்வூடு பரவல் ஏற்பட்டு பிளாஸ்மாவிலிருந்து நீர்**

அணுக்களுக்குள் செல்கிறது. இதனால் அணுக்களின் பருமம் அதிகமாகிறது.

இதேபோல களிகளையும் நீரில் வைத்தால் அவை உப்பு கின்றன. களி தானே ஒரு சவ்வு போலச் செயல்பட்டு ஒரு டானன் சவ்வுச் சமநிலையை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த இயல் பினால் குடல் சுத்தம் செய்யும் பொருள்களில் களிகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

(c) **ஒரு சவ்வின் இருபுறங்களிலும் pH-ன் மதிப்பில் ஏற்படும் மாற்றம்**

ஹைட்ரஜன் அயனி செல்லக்கூடிய ஒரு செல் சவ்வின் இரு புறங்களிலும் டானன் சவ்வுச் சமநிலை ஏற்படுத்தப்படுவதால், இருபுறங்களிலுமுள்ள pH மதிப்புகள் வேறுபடுகின்றன.

எடுத்துக்காட்டாக புரோட்டீனின் சோடிய உப்பை (NaP) ஒரு சவ்வினால் நீரிலிருந்து பிரித்துவைத்தால் (p^-) அயனி நீரிலிருந்து H^+ அயனியை இழுக்கிறது. அதனால் புரோட்டீன் உப்பு உள்ள பக்கத்தில் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு அதிக மாகும். அதாவது pH மதிப்பு குறையும். அதேபோல நேரின மான புரோட்டீன் அயனி உள்ள ஒரு உப்பைப் பயன்படுத் தினால் அது நீரிலிருந்து OH^- அயனியை இழுக்கும். அதன் விளைவாக பிரோட்டீன் அயனியுள்ள பக்கத்தில் ஹைட்ரஜன் அயனிச் செறிவு குறைந்து pH மதிப்பு உயரும்.

(d) ஒரு சவ்வின் இரு பக்கங்களிலுமுள்ள கரைசல்களுக்கு இடையில் ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு தோன்றுவது டானன் சவ்வுச் சமநிலையின் காரணமாகவே ஆகும்.

கூழ்நிலைப் பொருள்களின் பயன்கள்

(a) **லாங்கேயின் கூழ்நிலைத் தங்கச் சோதனை** (Lange's Colloidal Gold Test)

மைய நரம்பு மண்டலத்தைப் பாதிக்கின்ற சிபிலிஸ், மெனிங்ஜிடிஸ், மூளைக் கோளாறினாலேற்படும் பொதுவான பக்கவாதம் போன்ற வியாதிகளைக் கண்டறிய இச்சோதனை பயன்படுகிறது. ஒரு திட்டமான தங்கக் கரைசாலை நோயாளி யின் மூளைத்தண்டுவடத் திரவம் கலந்த 0·4% சோடியம் குளோரைடு கரைசலுடன் கலக்கப்படும். இவ்வாறு மூளைத் தண்டுவடத் திரவத்தை வெவ்வேறு செறிவுகளில் கலத்து

சோதனை செய்யப்படும். கரைசாலிலிருந்து தங்கத்தை வீழ்படிவாக்கத் தேவையான செறிவு, வியாதியின் இயல்பைப் பொறுத்ததாகும். இச் சோதனை கூழ்நிலைப் பாதுகாப்புத் தத்துவத்தின் அடிப்படையிலானதாகும்.

(b) ***சீரத்திலிருந்து ஆல்புமினை வெளியேற்றல்***

எதிரெதிராக மின்னூட்டப்பட்ட கரைசால்களைக் கலந்து பரஸ்பர வீழ்படிவை ஏற்படுத்தும் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் சீரத்திலிருந்து ஆல்புமின் நீக்கப்படுகிறது. சீரத்திலுள்ள ஆல்புமின் எதிரின மின்னூட்டமுள்ளது. எனவே, நேரின மின்னூட்டமுள்ள ஃபெர்ரிக் ஹைட்ராக்ஸைடு கரைசாலைச் சிறிது சிறிதாகக் கலந்து கொண்டே, கலவையைக் குலுக்கினால் பரஸ்பர வீழ்படிவு ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு ஆல்புமினைச் சீரத்திலிருந்து நீக்கலாம்.

(c) ***என்சைம் செயல்முறை***

என்சைம்கள் (நொதிகள்) கூழ்நிலைப் பண்புள்ளவை. எனவே அவை பெரிய பரப்பளவு கொண்டவை. அதனால் என்சைம் விளைவும், விஷங்களும், மருந்துகளும் பரப்பூன்றப் படுவதும் ஏற்படுகின்றன. இவற்றை விரிவாகப் பின்னால் பார்ப்போம்.

(d) பாஸ்போலிபிட்களும் கூழ்நிலைப் புரோட்டீன்களும், உயிர் வாழும் செல்களிலுள்ள கொழுப்புப் பொருள்களைக் கூழ் நிலையில் ஏற்று அவற்றைப் பாதுகாக்கின்றன. கரைப்பான் விரும்பும் கூழ்நிலை, புரோட்டீன்கள் பித்த நீரிலுள்ள எளிதில் கரையாத கோலஸ்டராலை, கரையக்கூடிய உருவில் மாற்றி அதை வீழ்படிவு அடையாமலும் பாதுகாக்கிறது.

(e) சுரப்பிகளிலுள்ள செல்கள் திசுக்களிலுள்ள திரவங்களை உறிஞ்சிக் கொண்டு சுரப்பித் திரவங்களை வெளிவிடுகின்றன.

(f) உடல் திரவங்களிலுள்ள கூழ்நிலைப் பொருள்களின் செறிவில் ஏற்படும் மாற்றங்களினால் சிறுநீர் உருவாவதற்கும், உடலில் நீர் பரவுவதற்கும் பொறுப்பான சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தில் மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன.

(g) கூழ்நிலைப் பொருள்கள் தொழில் துறைகளில் பலவாறு பயன்படுகின்றன. தோல் பதனிடுதல், சாயமேற்றுதல், மருந்து தயாரித்தல், வர்ணங்கள் தயாரித்தல் ஆகியவற்றில் கூழ்நிலையியல் தத்துவங்கள் வெற்றிகரமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சோப்புகள் கூழ்நிலைப் பொருள்களுக்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும்.

(h) குடிநீரைச் சுத்தம் செய்வதற்கு அது மணல், சல்லிக் கற்கள் அல்லது கரிவழியாகச் செலுத்தப்படும். அப்போது பாக்டீரியா வகையைச் சேர்ந்த கூழ்நிலைத் துகள்கள் பரப்புக் கவர்ச்சியினால் விடுபட்டு விடுகின்றன.

(i) மெய்யான கரைசல்களுக்கோ, தொங்கு நிலைக் கரைசல்களுக்கோ இல்லாத சில சிறப்புப் பண்புகள் கூழ்நிலைப் பொருள்களுக்கு உள்ளன. இவை ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள கூழ்நிலைப் பொருள்கள் பெரும் புறப்பரப்பு உள்ளதாயிருப்பதால் ஏற்படுபவை. எனவே பரப்பு இழுவிசை, பரப்பு ஊன்றுகை போன்ற பரப்பைப் பொறுத்த நிகழ்ச்சிகள், கூழ்நிலைப் பொருள் களின் நடத்தையை ஆள்கின்றன. மனித உடலிலுள்ள செல் களிலும், திசுக்களிலும் உள்ள கரிமப் பொருள்களில் 907 வரை கூழ்நிலையிலுள்ளன. எல்லா உடல் திரவங்களுமே கூழ்நிலைப் பொருள்களாக இருப்பதாகச் சொல்லலாம். இரத்தம் ஒரு கரைசால், உடல் திரவங்களில் கூழ்நிலையிலுள்ள புரோட்டீன், என்சைம்கள் ஆகியவை உள்ளன. எனவே, பெரும்பாலான உடல் செயல்முறைகள் கூழ்நிலைப் பண்புகளைப் பொறுத்திருக் கின்றன.

15. பரப்புக் கவர்ச்சி
(Adsorption)

பரப்புக் கவர்ச்சி ஒரு புறப்பரப்பு நிகழ்வாகும். வாயு, திரவ, அல்லது திட உருவிலுள்ள இரு நிலைமைகளுக்கு (Phase) இடையிலுள்ள முகவிடைப் பரப்பில் ஏற்படும் செறிவு மாற்றம் பரப்புக் கவர்ச்சி எனப்படும். இதற்குப் பரப்பிலுள்ள விசைகள் காரணமாகும். இது போன்ற நிகழ்வில் இரு நிலைமைகளுக்கும் இடையிலுள்ள ஒரு பொருளின் செறிவுப் படலத்தின் அளவு இரு நிலைமைகளுக்குள்ளும் பரவியுள்ள பொருளைவிட அதிக மாயிருக்கும்.

ஒரு பொருளின் மேற்பரப்பில் இன்னொரு பொருளின் செறிவு அதிகரிக்கும்போது அது நேரினப் பரப்புக் கவர்ச்சி எனவும், குறையும்போது எதிரினப் பரப்புக் கவர்ச்சி எனவும் சொல்லப் படும்.

உட்கவர்தலுக்கும், பரப்புக் கவர்தலுக்குமுள்ள முக்கிய மான வேறுபாடு யாதெனில் பரப்புக் கவர்ச்சி புறப்பரப்போடு நின்றுவிடுகிறது. ஆனால் உட்கவர்தலின் போது கவரப்படு கின்ற பொருள், கவர்கின்ற பொருளின் பருமனில் பரவி நிற்கிறது. எனவே பரப்புக் கவர்ச்சியின் போது சமநிலை விரைவாக ஏற்பட்டுவிடும். ஆனால் உட்கவர்தலின்போது சமநிலை வரத் தாமதமாகும்.

பரப்புக் கவர்ச்சி மேற்பரப்பைப் பொறுத்ததாகையால், புறப்பரப்பு அதிகரித்தால் பரப்புக் கவர்ச்சியும் அதிகமாகிறது. பொருளை நுண்ணியதாகத் தூள் செய்வதன் மூலம் அதன் புறப் பரப்பை அதிகரிக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு செ.மீ. பக்கமுள்ள ஒரு கனசதுரத்தின் புறப்பரப்பளவு 6 ச.செ.மீ. அதை 10^{-14} மி.மீ. பக்கமுள்ள கன சதுரங்களாகப் பிரித்தால் 10^{16} கனசதுரங்கள் கிடைக்கும். அவற்றின் மொத்தப் புறப்

பரப்பளவு 60 சதுர மீட்டர்களாக இருக்கும். அதனுல்தான் பல படித்தான வினைவேகமாற்றின்போது (Heterogeneous catalysis) தூள் செய்யப்பட்ட உலோகங்கள் திறமையான வினைவேக மாற்றிகளாகச் செயல்படுகின்றன. இதேபோலக் கூழ்நிலைப் பொருள்களின் பல பண்புகள் அவற்றின் புறப்பரப்பு அதிக மாயிருப்பதால் ஏற்படுபவையே.

திடப்பொருள்கள் வாயுக்களைப் பரப்புக் கவர்ச்சி செய் வதும், கரைசல்களிலிருந்து கரைபொருள்களைத் திடப்பொருள் கள் பரப்புக் கவர்ச்சி செய்வதும் இரு முக்கியமான வகைகளாகும்.

திடப்பொருள்கள் வாயுக்களைப் பரப்புக் கவர்தல்

கண்ணுடி அல்லது பீங்கான் பாத்திரத்தைக் காற்றில் திறந்து வைத்தால் அதன் பரப்பில் நீராவிப் பரப்புக் கவரப் படுகிறது. மெருகேற்றப்படாத, நுண்துளையுள்ள பீங்கானின் புறப்பரப்பு மிக அதிகமாதலால் அது அதிக அளவில் நீராவியை உட்கவரும். தேங்காய் ஓடுகளை காற்றுக் குறைந்த சூழ்நிலை யில் எரித்துப் பின்னர் அதை உயர் அழுத்த நீராவியால் சூடாக்கினுல் அது கிளர்வுற்ற கரி (Activated Charcoal) எனப் படும். இத்தகைய கிளர்வுற்ற கரி 0°C-ல் தன்னைப் போல 170 மடங்கு பருமனுள்ள அமோனியாவையும் (எளிதில் திரவமாகிற வாயு) 15 மடங்கு பருமனுள்ள நைட்ரஜனையும் (எளிதில் திரவமாகாத வாயு) பரப்புக் கவரக்கூடியதாகும். பொது வாக எளிதில் கரையக் கூடிய அல்லது திரவமாகக்கூடிய வாயுக் கள் கிளர்வுற்ற கரி, சிலிகாக்கள், அலுமினு, தூள் செய்யப்பட்ட பிளாட்டினம், பலேடியம் போன்ற திடப்பொருள்களால் விரைந்து பரப்புக் கவரப்படுகின்றன. பலேடியம் ஹைட்ரஜனை விரும்பிப் பரப்புக் கவர்வது பரப்புக் கவர்ச்சி வாயுவின் தன் மையை மட்டுமின்றிப் பரப்புக் கவரும் பொருளின் (Adsorbent) தன்மையையும், புறப்பரப்பையும், அதைத் தயாரித்த விதத்தையும் கூட பொறுத்துள்ளது.

ஒருதிடப்பொருள் வாயுவைப் பரப்புக் கவர்ச்சி செய்வது வெப்பநிலைக்குத் தலைகீழ் விகிதத்திலிருக்கும். வெப்பநிலை குறைந்தால் பரப்புக் கவர்ச்சி அதிகமாகும். எடுத்துக் காட்டாக கிளர்வுற்ற கரி 0°C-ல் தன்னைப்போல 15 மடங்கு பருமனுள்ள நைட்ரஜனையும்,—185°C-ல் 155 மடங்கு பரும னுள்ள நைட்ரஜனையும் பரப்புக் கவர்கின்றது.

பரப்புக் கவர்ச்சி, வாயுவின் அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்தி லிருக்கும். சேர்ந்தாற்போல வெப்பநிலையைக் குறைத்து

அழுத்தத்தையும் அதிகரித்தால் பரப்புக் கவர்ச்சி திறம்பட நிகழ்கிறது.

பரப்புக் கவர்ச்சி ஒரு மீள்தன்மையுள்ள வினையாகும். அழுத்தத்தைக் குறைத்தாலும், சூடாக்கினாலும் பரப்புக் கவரப்பட்ட வாயுவில் பெரும்பகுதி வெளியேறிவிடும். எடையறி (Gravimetric) சோதனைகளின்போது பீங்கான் கிண்ணங்களைச் செஞ்சூடாக்கி, பரப்புக் கவரப்பட்ட நீராவியை நீக்கிவிடுவது தெரிந்ததே.

ஒரு வாயு, ஒரு திண்மத்தைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் போது பரப்புக் கவர்ச்சியும், உட்கவர்தலும் சேர்ந்தே ஏற்படுகின்றன. இத்தகைய அமைப்பைச் சூடாக்கினால் பரப்புக் கவரப்பட்ட வாயு உடனடியாக வெளியேறிவிடும். உட்கவரப்பட்ட வாயு மெதுவாகத்தான் வெளியேறும். வழக்கமாகப் பரப்புக் கவர்ச்சி ஒரு விரைவான வினையாகும்.

பரப்புக் கவர்ச்சி விசையை, (1) பௌதிகப் பரப்புக் கவர்ச்சி அல்லது வான்டெர்வாலின் பரப்புக் கவர்ச்சி எனவும், (2) இரசாயனக் கவர்ச்சி (Chemisorption) அல்லது கிளர்வுற்ற பரப்புக் கவர்ச்சி எனவும் இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். பௌதிகப் பரப்புக் கவர்ச்சி சாதாரண வெப்பநிலைகளில் ஏற்படுகிறது. திண்மத்தின் பரப்பில் வாயுமூலக்கூறுகள் தங்குவதற்குப் பௌதிக விசைகளே காரணமாகும். எளிதில் திரவமாகக் கூடிய வாயுக்கள் எளிதாகப் பரப்புக் கவரப்படுகின்றன. அழுத்தம் அதிகரித்தால், பரப்புக் கவர்தலும் அதிகரிக்கிறது. எனவே, வெப்பநிலையைக் குறைத்து அதே சமயத்தில் அழுத்தத்தை அதிகரித்தால் பரப்புக் கவர்தல் பெரும் அளவில் ஏற்படும். பௌதிகப் பரப்புக் கவர்தல் மீள்தன்மையுள்ள வினையாதலால் சூடாக்கியோ, அழுத்தத்தைக் குறைத்தோ வாயுவை வெளியேற்றி விடலாம். இவ்வாறு வெளியேற்றுதல் பரப்புக் கவர்ச்சி நீக்கம் (Desorption) எனப்படும்.

இரசாயனக் கவர்ச்சி அபூர்வமானது. உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் மட்டுமே நிகழ்வது. இரசாயனக் கவர்ச்சி கவரும் பொருளையும் கவரப்படும் பொருளையும் பொறுத்தது. எனவே அது குறிப்பிட்ட தன்மையையே பெற்றிருக்கும். ஒருவேளை கவரும் பொருளின் பரப்பில் எலக்ட்ரான்களைப் பரிமாறிக் கொண்டு வாயு தங்குவதாக இருக்கலாம். இது ஒரு இரசாயன வினையாகும். இரசாயனக் கவர்ச்சி மீள்தன்மையற்றது. எனவே, வாயுவை வெளியேற்ற வேண்டுமானால் பொருளை மிக உயர்ந்த வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்க வேண்டும்.

கரைசல்களிலிருந்து கரைபொருளைத் திண்மங்கள் பரப்புக் கவர்தல்

மெதிலீன் நீலம், காங்கோ சிவப்பு, மெதில், ஊதா போன்ற ஒரு சாயத்தின் நீர்க்கரைசலில் போதுமான அளவு கிளர்வுற்ற கரியைச் சேர்த்து நன்கு குலுக்கிவிட்டுப் பின்னர் வடிகட்டினால், வடிகட்டப்பட்ட திரவம் நிறமற்றதாகிவிடும். அதேபோல ஆல்கலாய்டு உப்புகளின் நீர்க்கரைசல்களில் லாயிட் வினையாக்கி (Lloyd's Reagent) எனும் ஃபுல்லர் மண்ணைச் (Fuller's earth) சேர்த்துக் குலுக்கிப் பின்னர் வடிகட்டினால், வடிகட்டப்பட்ட பொருளில் ஆல்கலாய்டுகள் இருப்பதில்லை. கரைசலிலிருந்து கரைபொருளைத் திண்மங்கள் கவர்ந்து விட்டதை இச் சோதனைகள் காட்டுகின்றன. இவை நேரினப் பரப்புக் கவர்ச்சிக்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும். சில சந்தர்ப்பங்களில் கரைப்பான் பரப்புக் கவரப்பட்டு விடுகிறது. அதனால் பரப்புக் கவரும் பொருள், கரைப்பான் ஆகியவற்றின் முகவிடைப் பரப்பில் கரைபொருளின் செறிவு குறைந்துவிடும். இது எதிரினப் பரப்புக் கவர்ச்சியாகும். இது நேரினப் பரப்புக் கவர்ச்சியைப் போல முக்கியமானதல்ல. கரைசலிலிருந்து கரைபொருளைத் திண்மங்கள் பரப்புக் கவர்வதை (1) பரப்பு இழுவிசை காரணமாக ஏற்படும் பரப்புக் கவர்ச்சி, (2) நிலைமின் விசைகளின் காரணமாக ஏற்படும் பரப்புக் கவர்ச்சி என இருவகையாகப் பிரிக்கலாம்.

பரப்பு இழுவிசை மாறுதலாலேற்படும் பரப்புக் கவர்ச்சி

கிப்-தாம்சன் தேற்றத்தின்படி ஒரு திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்கின்ற பொருள்கள் திரவத்தின் மேற்பரப்புப் படலத்தில் செறிந்துள்ளன. எனவே ஒரு கரைபொருள், கரைப்பானுக்கும், பரப்புக் கவரும் பொருளுக்குமிடையிலுள்ள பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்கக் கூடியது. ஆனால் கரைபொருள், கரைப்பான்-பரப்புக் கவரும் பொருளின் முகவிடைப் பரப்பில் செறிந்திருக்கும். அதாவது, கரைபொருள் திண்மப்பொருளைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கின்ற கரைப்பான் படலத்தில் கூடிவிடும். எனவே, கரைபொருள் திண்மத்தால் பரப்புக் கவரப்படுகிறது. அதனால் கரைசலில் கரை பொருளின் செறிவு குறையும். கரைபொருளால் கரைசலின் பரப்பு இழுவிசையிலேற்படும் வீழ்ச்சியின் அளவு அதிகமாக அதிகமாக, திண்மம் பரப்புக் கவர்கின்ற கரைபொருளின் அளவும் அதிகமாகும். இங்கு திண்மம் கரைபொருளைப் பரப்புக் கவர்வதைக் கட்டுப்படுத்துவது கரைசல்-திண்ம முகவிடைப் பரப்பிலுள்ள பரப்பு இழுவிசையேயன்றி, கரைசல்-காற்று முகவிடைப் பரப்பிலுள்ள பரப்பு இழுவிசையல்ல. திண்

மத்தின் புறப்பரப்பு அதிகமாயிருந்தால் பரப்புக் கவர்ச்சியும் அதிகமாகும். ஆகவே கூழ்நிலைத் துகள்களும், தூள் வடிவான திண்மங்களும் அதிக அளவில் பரப்புக் கவரும்.

கரைப்பொருளின் செறிவு அதிகமானால், பரப்புக் கவரப் பட்ட கரைபொருளின் அளவும் அதிகமாகிறது. ஆனால், கரை பொருளின் செறிவு எவ்வளவு அதிகமாயிருந்தாலும் பரப்புக் கவர்கின்ற பரப்பு, தெவிட்டிய நிலையை அடைந்து விட்ட பிறகு மேலும் கரைபொருள் பரப்புக் கவரப்படாது. ஒப்பிடு நிலையில் செறிவுமிக்க கரைசல்களைவிட நீர்த்த கரைசல்களில் பரப்புக் கவரப்படுகின்ற கரைபொருளின் அளவு அதிகமாயிருக் கிறது. இத்தகைய பரப்புக் கவர்ச்சி பொதுவாக மீள்தன்மை யுள்ளது.

வெவ்வேறு கரைப்பான்களில் ஒரே கரைபொருள் உள்ள கரைசல்களில் திண்மத்தால் பரப்புக் கவரப்படுகின்ற கரை பொருளின் அளவு, கரைப்பானின் பரப்பு இழுவிசையைப் பொறுத்திருக்கும். இங்கு கரைசல்களின் செறிவு, திண்மம், அதன் அளவு ஆகியவை எல்லாக் கரைசல்களிலும் ஒன்றாயிருக்க வேண்டும். இத்தகைய சந்தர்ப்பங்களில் அதிகமான பரப்பு இழுவிசையுள்ள கரைப்பானின் கரைசலிலிருந்து அதிக அளவில் கரைபொருள் பரப்புக் கவரப்படுகிறது. இது ஏனெனில் கரைபொருள் பரப்புக் கவரப்படுவது கரைசல்-காற்று முக விடைப் பரப்பிலுள்ள பரப்பு இழுவிசையைப் பொறுத்ததல்ல. ஆகவே, ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு கரைபொருளுக்குத் திரவ-திண்ம முகவிடைப் பரப்பிலுள்ள இழுவிசையில் ஏற்படும் வீழ்ச்சி, அதிகப் பரப்பு இழு விசையுள்ள திரவத்திற்கு அதிகமாயிருக்கும். அதன் விளைவாக கிப்-தாம்சன் தேற்றப்படி அதிகப் பரப்பு இழுவிசையுள்ள திரவத்திற்கும் திண்மத்திற்குமான முகவிடைப் பரப்பில் கரைபொருளின் செறிவு மற்றவற்றிலிருப்பதைவிட அதிகமாயிருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, திரவ-காற்று முக விடைப் பரப்பு இழுவிசை ஆல்கஹாலைவிட நீருக்கு அதிகம். எனவே, ஒரு சாயத்தை நீரிலும் ஆல்கஹாலிலும் கரைத்து ஒரே செறிவுள்ள இரு கரைசல்களாக்கி, அவற்றில் சம அளவில் பரப்புக்கவரும் பொருள்களைச் சேர்த்தால் ஆல்கஹால் கரைசலை விட நீர்க்கரைசலிலிருந்து அதிக அளவில் பொருள் பரப்புக் கவரப்படுகிறது என்பது தெரியும். இத் தத்துவத்தைப் பயன் படுத்தி பரப்புக் கவரும் பொருளிலிருந்து பரப்புக் கவரப்பட்ட பொருளை நீக்கலாம். நீர்க்கரைசல்களிலிருந்து பரப்புக் கவரும் பொருளை வெளியிலெடுத்து அதை ஆல்கஹாலில் கழுவினால் பரப்பு கவரப்பட்ட பொருள் வெளியேறிவிடும். ஏனெனில் ஆல்கஹால் நீரைவிடக் குறைவான பரப்பு இழுவிசையுள்ளது. இது கழுவுதல் (Elution) எனப்படும்.

குறைந்த அளவில் பரப்புக் கவரப்படுகின்ற ஒரு பொருளை, ஒரு பரப்புக் கவரும் பொருளிலிருந்து அதிக அளவில் பரப்புக் கவரப்படும் ஒரு பொருளைப் பயன்படுத்தி வெளியேற்றலாம். ஏனெனில், ஒரு கரைசலிலிருந்து பரப்புக் கவரப்படுகின்ற பொருளின் அளவு, அது கரைப்பானின் பரப்பு இழுவிசையை எந்த அளவிற்குக் குறைக்க முடியும் என்பதைப் பொறுத்துள்ளது. கரைபொருள் அதிக அளவில் கரைப்பானின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்கக் கூடுமானால் அது அதிக அளவில் பரப்புக் கவரப்படும். எடுத்துக்காட்டாக வைட்டமின் B_1-ஐவிட, குயினைன் சல்பேட் நீரின் பரப்பு இழுவிசையை அதிகமாகக் குறைக்கும். எனவே, ஃபுல்லர் மண் (Fuller's Earth) வைட்டமின் B_1-ஐவிட அதிக அளவில் குயினைன் சல்பேட்டை உட்கவரும். இந்த இயல்பைப் பயன் படுத்தி இயற்கைப் பொருள்களிலிருந்து வைட்டமின் B_1 பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது. முதலில் ஒரு அமிலக் கரைசலிலிருந்து B_1 வைட்டமின் ஃபுல்லர் மண்ணினால் பரப்புக் கவரப்படும். மற்றப் பொருள்களை ஃபுல்லர் மண் பரப்புக் கவராது. பின்னர் அந்த ஃபுல்லர் மண்ணைக் குயினைன் சல்பேட் அடங்கிய கரைசலில் வைத்தால் குயினைன் சல்பேட் வைட்டமின் B_1ஐப் பெயர்த்து வெளியேற்றிவிடும். கரைசலிலிருந்து வைட்டமின் B_1ஐப் பிரித்து எடுக்கலாம்.

நிலைமின் விசைகளின் காரணமாக பரப்புக்கவர்ச்சி

நீரில் கரையாத ஒரு பொருளை நீரில் வைத்தால் அதன் பரப்பு மின்னூட்டப்பட்டதாகிறது. நீரைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் சிலிகா பரப்பு எதிரினமாக மின்னூட்டப்படும். சிலிகா நீரிலுள்ள OH^- அயனிகளைத் தேர்ந்து பரப்புக் கவர்வதால் இது ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு எதிரினமாக மின்னூட்டப்பட்டுள்ள சிலிகா மின்பகு கரைசல்களிலிருந்து நேரின அயனிகளைப் பரப்புக் கவரமுடியும். இது நிலைமின் பரப்புக் கவர்ச்சி எனப்படுகிறது. பொதுவாக, ஒரு மின்னூட்டப்பட்ட திண்மத்தை ஒரு மின்பகு பொருளின் கரைசலில் வைத்தால், அது தனக்கு எதிரான குறியுள்ள அயனிகளைப் பரப்புக் கவரும். இதேபோல நீரிலுள்ள திண்மத்திற்கு எதிரான குறியுள்ள மின்னூட்டப்பட்ட கூழ்நிலைப் பொருள்களுக்கும் ஏற்படும். நிலைமின் பரப்புக் கவர்ச்சியில், பரப்பு இழுவிசை தலையிடுவதில்லை.

பிருண்ட்லிஷ் பரப்புக் கவர்ச்சி சமன்பாடு (Freundlish Adsorption Equation)

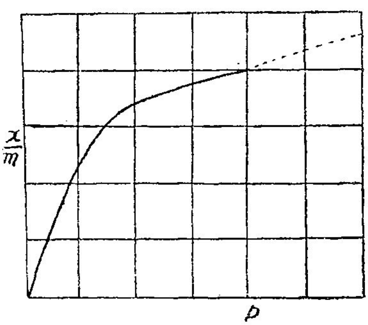
ஒரு திண்மத்தினால் பரப்புக் கவரப்படும் வாயுவின் அளவு, வாயுவின் தன்மை, அதன் அழுத்தம், திண்மத்தின் தன்மை, அதன் நிறை, வெப்பநிலை ஆகியவற்றைப் பொறுத்திருக்கிறது.

அழுத்தத்தைத் தவிர மற்ற காரணிகளை மாருமல் வைத்துக் கொண்டு, வெவ்வேறு அழுத்தங்களில் பரப்புக் கவரப்படும் வாயுவின் அளவினைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

பரப்புக் கவரப்பட்ட வாயுவின் நிறை x கிராம், பரப்புக் கவரும் பொருளின் நிறை m கிராம், வாயுவின் அழுத்தம் p எனில், வெப்பநிலை மாருதபோது

$$\frac{x}{m} = Kp^{n}.$$

இங்கு K, n ஆகியவை மாறிலிகள். வழக்கமாக 'n' ஒன்றைவிடக் குறைவானது. மேற்கண்ட சமன்பாடு பிருண்ட்லிஷ் மாருவெப்பநிலை பரப்புக் கவர்ச்சி எனப்படும். அது சாதாரண அழுத்தங்களுக்கு மட்டுமே பொருந்தும். அதற்குக் கொள்கையளவில் முக்கியத்துவம் கிடையாது. $\frac{x}{m}$, p ஆகியவற்றிற்கிடையில் ஒரு வரைபடம் வரைந்தால் படத்தில் காட்டியபடி கோடு கிடைக்கின்றது. பிருண்ட்லிஷ் சமன்பாடு பரப்பு கவரும் பொருள் தெவிட்டிய நிலையை எட்டும் வரையில் சோதனைகளுக்கேற்ப உள்ளது. தெவிட்டிய நிலைக்குப் பின்னர் கோடு ஏறத்தாழ p அச்சிற்குக் கிடையாக ஆகி, பரப்புக் கவர்ச்சி முழுமையாக அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இல்லையென்பதைக் குறிக்கிறது. குறைந்த அழுத்தங்களில் இத்தகைய முரண்பாடுகள் குறைவாக உள்ளன.



படம் 92

கரைசல்களிலிருந்து கரைபொருளைத் திண்மம் பரப்புக் கவர்வதை $\frac{x}{m} = KC^{n}$ எனும் சமன்பாடு குறிப்பிடுகிறது. இதில் x, பரப்புக் கவரப்பட்ட கரைபொருளின் நிறை, m பரப்பு கவர்கின்ற பொருளின் நிறை, C கரைசலில் கரைபொருளின் செறிவு, K, n ஆகியவை மாறிலிகள் ஆகும். இங்கும் வாயுவிற்குள்ளதைப் போன்றே ஒரு மாரு வெப்பநிலைக் கோடு கிடைக்கிறது. இங்கும் பரப்பு கவரப்பட்ட அளவு முற்றிலுமாகக்

கரைபொருளின் செறிவுக்கு நேர் விகிதத்திலில்லை. ஒப்பிடு நிலையில் செறிவுமிக்க கரைசல்களைவிட நீர்த்த கரைசல்களில் பரப்புக் கவர்ச்சி அதிகமாக இருக்கிறது.

லாங்மூயிரின் பரப்புக் கவர்ச்சி மாரு வெப்பநிலைக்கோடு

1916-ஆம் ஆண்டு லாங்மூயிர் என்பார், ஒரு திண்மம், ஒரு வாயுவைப் பரப்புக் கவரும்போது, திண்மத்தின் மேல் பரப்பில் வாயுவின் ஒற்றை மூலக்கூறு படலம் ஒன்று உருவாகிறது எனக் கூறினர். பல சமயங்களில் இது உண்மை எனக் காணப்பட்டுள்ளது. திண்மத்தின் பரப்பு சீராக இருக்கும்போது, மாரு வெப்ப நிலையில் வாயுவின் அழுத்தத்திற்கும் பரப்புக் கவர்ச்சிக்கும் இடையில் ஒரு உறவை லாங்மூயிர் உருவாக்கினர்.

$$\text{இவ்வாறு} \quad \frac{x}{m} = \frac{K_1 p}{1+K_2 p}$$

இங்கு x-என்பது பரப்புக் கவரப்பட்ட வாயுவின் நிறை, m-பரப்புக் கவரும் பொருளின் நிறை, p-வாயுவின் அழுத்தம், K_1, K_2 ஆகியவை விகித மாறிலிகள். மேற்கண்ட சமன்பாடு லாங்மூயிரின் மாரு வெப்பநிலை பரப்புக் கவர்ச்சிச் சமன்பாடு எனப்படும். இச்சமன்பாடு திண்மப் பரப்பில் வாயுவின் கவர்ச்சிக்கும், பரப்பிலிருந்து தப்பிச் செல்வதற்குமிடையிலான சமநிலையைக் குறிக்கிறது. பல சோதனை முடிவுகளுக்கு இந்த சமன்பாடு நன்கு பொருந்துகிறது. பிருண்ட்லிஷ் சமன்பாட்டை விட லாங்மூயிரின் சமன்பாடு குறைந்த அளவே பிறழ்கிறது. சோதனை முடிவுகளுக்கும் சமன்பாட்டிற்குமிடையில் தோன்றும் வேறுபாடுகள் முக்கியமாகத் திண்மத்தின் பரப்பு சீராக இல்லாததாலும், பரப்புக் கவரப்பட்ட வாயுப்படலம் ஒற்றை மூலக்கூறு படலமாக இல்லாததாலுமே தோன்றுபவையாகும்.

அழுத்தம் மிகக் குறைவாயுள்ளபோது $K_2 p$ அற்பமாகி விடுகிறது. அதனுல் லாங்மூயிரின் சமன்பாட்டை

$$\frac{x}{m} = K_1 p \quad \text{என எழுதலாம்.}$$

இதன்படி $\frac{x}{m}$, அழுத்தம் p க்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கிறது. குறைந்த அழுத்தத்தில் சோதனைகளின் முடிவுகள் இதை உறுதி செய்கின்றன.

ஆனல் அழுத்தம் மிக அதிகமாயிருக்கும்போது லாங்முயிரின் சமன்பாட்டில் ஒன்று அற்பமாகிப்போய்

$$\frac{n}{m} = \frac{K_1 p}{K_2 p} = \frac{K_1}{K_2} \text{ என ஆகிறது.}$$

எனவே $\frac{x}{m}$ உயர் அழுத்தங்களில் மாறிலியாகி விடுகிறது. உயர் வெப்ப நிலைகளில் இது சோதனை முடிவுகளால் உறுதிப் படுகிறது.

அழுத்தம் மிகக் குறைவாகவோ மிக அதிகமாகவோ இல்லாதபோது $\frac{n}{m} = Kp^n$ என ஆகிவிடும். இது பிருண்ட்லிஷ் சமன்பாட்டைப் போன்றதே.

கரைசலிலுள்ள கரைப்பானைத் திண்மம் பரப்புக் கவரப்படும் போதும், லாங்முயிரின் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம். அப்போது,

$$\frac{x}{m} = \frac{K_1 C}{1 + K_2 C} \text{ என ஆகும்.}$$

இங்கு C என்பது கரைசலில் கரைபொருளின் செறிவாகும்.

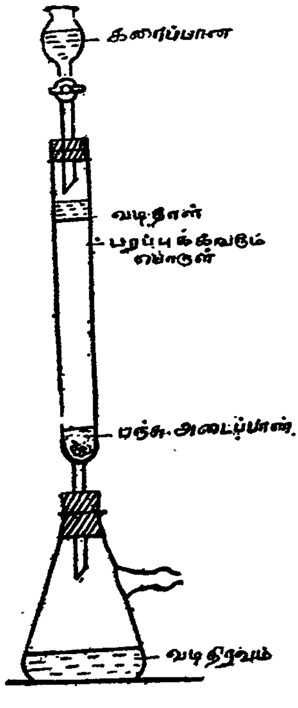
கிப் பரப்பு கவர்ச்சி விதி (Gibb's Adsorption Law)

ஒரு கரைசலின் பரப்பில் பரப்புக் கவர்ச்சியை பின்வரும் கிப்ஸ் சமன்பாட்டால் காட்டலாம்:

$$S = \frac{-C}{Rt} \times \frac{dT}{dc}$$

இங்கு S-என்பது கரைசலில் இருக்கும் கரைபொருளின் செறிவிற்கும், அலகுப் பரப்பிலுள்ள செறிவிற்குமுள்ள வித்தியாசம், C-என்பது கரைபொருளின் செறிவு, R-என்பது வாயு மாறிலி, t-என்பது தனிவெப்பநிலை, T-என்பது பரப்பு இழுவிசை, $\frac{dT}{dc}$ என்பது கரைபொருளின் செறிவுடன் பரப்பு இழுவிசை மாறும் வீதம். C-க்கும், T-க்கும் இடையில் ஒரு வரைபடம் வரைந்து $\frac{dT}{dc}$ யின் மதிப்பு கண்டுபிடிக்கலாம். சோதனை நிலையைக் குறிக்கும் புள்ளியில் வரைபடத்தின் சரிவு $\frac{dT}{dc}$-க்குச் சமம்.

கரைபொருள் கரைப்பானின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்குமானால் $\frac{dT}{dc}$ எதிரினமாகவும், S நேரினமாகவும் ஆகி விடும். எனவே கரைபொருள் கரைசலின் நடுவிலிருப்பதைவிட மேற்பரப்பில் அதிகச் செறிவுள்ளதாயிருக்கும். ஆனால் கரை பொருள் கரைப்பானின் பரப்பு இழுவிசையை அதிகமாக்கு மானால் $\frac{dT}{dc}$ நேரினமாகவும், S எதிரினமாகவும் ஆகிவிடும். எனவே, கரைசலின் நடுவிலிருப்பதைவிட மேற்பரப்பில் கரை பொருளின் செறிவு குறைவாயிருக்கும். ஒரு கரைசலிலிருந்து கரைபொருளை ஒரு திண்மம் பரப்பு கவரும்போது இந்தச் சமன் பாடு திரவ முகவிடைப் பரப்பிற்குப் பொருந்தும். அப்போது கிப்பின் பரப்புக் கவர்ச்சி சமன்பாட்டின்படி ஒரு திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையைக் குறைக்கின்ற ஒரு கரைபொருள் அந்த முகவிடைப் பரப்பில் கவரப்படும் திரவத்தின் பரப்பு இழுவிசையை அதிகப்படுத்துகின்ற கரைபொருள் அந்த முகவிடைப் பரப்பில் கவரப் படாது.



படம் 93

நிறவடிவப் பரப்புக் கவர்ச்சி அல்லது பகுப்புப் பரப்புக் கவர்ச்சி (Chromatographic Adsorption or Differential Adsorption)

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பொருள்கள் அடங்கிய கரைசலை, அலுமினா (Al_2O_3), மக்னீசியம் ஆக்ஸைடு போன்ற பரப்புக் கவரும் பொருளின் தம்பத்தின் வழியாகச் செலுத்தினால், கலவையிலுள்ள பொருள்கள் வெவ்வேறு அளவுகளில் பரப்பு கவரப்படும். இந்த வேறுபாட்டைப் பயன்படுத்தி ஒரு கலவையிலுள்ள பொருள்களைத் தனித்தனியாகப் பிரித்தெடுக்கலாம். இதுவே நிறவியல் தத்துவமாகும். இதை முதலில் காரோட்டீன்கள் (Corotenes) போன்ற நிறமுள்ள சேர்மங்களைப் பிரித்தெடுக்கப் பயன்படுத்தியதால் இம்முறை இப்பெயரைப் பெற்றது. இப்

போது இம்முறையில் நிறமற்ற சேர்மங்களைக் கூடப் பிரித்தெடுப்பதற்கும், தூய்மைப்படுத்தவும், பகுத்தாராயவும் பயன்படுகின்றது. எனவே நிறவியல் பரப்புக் கவர்ச்சி என்பது பகுப்பு அல்லது தேர்ந்து பரப்புக் கவர்ச்சி வகைகளில் ஓர் எடுத்துக் காட்டேயாகும்.

பரப்புக் கவரும் பொருள் (வழக்கமாக அலுமினு) படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு ஒரு குழாயில் எடுத்துக் கொள்ளப்படும். ஒரு தக்க கரைப்பான் (வழக்கமாக அசிடோன், பென்சீன் அல்லது பெட்ரோலியம், ஈதர்) சற்று நேரத்திற்கு அதன் வழியாக ஊடுருவிச் செல்லச் செய்யப்படுகின்றது. பிரிக்கவேண்டிய பொருள்களடங்கிய கலவையின் கரைசல் தம்பத்தின் உச்சியில் வைக்கப்பட்டு, மேலும் கரைப்பான் குழாய் வழியாக ஊடுருவிச் செல்லச் செய்யப்படும். கலவையிலுள்ள பல்வேறு பொருள்கள் தம்பத்தில் வெவ்வேறு வேகங்களுடன் இறங்கும். இதன் விளைவாகத் தம்பத்தில் அப்பொருள்கள் தனித்தனிப் படலங்களாகப் பிரிந்து நிற்கும். எளிதில் பரப்புக் கவரப்படுகின்ற பொருள் தம்பத்தின் உச்சியிலும், எளிதில் பரப்புக் கவரப்படாத பொருள் தம்பத்தின் அடியிலும் சேரும். பொருள்கள் நிறமுள்ளவையாக இருந்தால் தம்பத்தில் நிறமுள்ள பட்டைகள் தெரியும். இது நிறவரி வடிவம் (Chromogram) எனச் சொல்லப்படும். மேலும் மேலும் கரைப்பானைச் செலுத்தினுல் ஒவ்வொரு பகுதியாக பரப்புக் கவர்ச்சி நீக்கமாகி அடியிலுள்ள குடுவையில் சேரும். இவ்வாறு அவற்றைத் தனித்தனியாகப் பிரிக்கலாம்.

நிறமற்ற சேர்மங்களாக இருந்தால் அவற்றை நிறமுள்ள சேர்மங்களாக மாற்றிக் கொண்டு பிரித்தெடுத்த பின்னர் அவற்றை மீண்டும் பழைய சேர்மங்களாக்கி விடலாம். சில நிறமற்ற சேர்மங்களின் மேல் புறஊதாக் கதிர்களை வீசினுல் அவை ஒளிர்ந்து, பட்டைகள் கண்ணுக்குப் புலப்படும்.

எண்ணற்ற முறைகள் கரைத்து படிகமாக்கிப் பிரித்தெடுக்க வேண்டிய அருமண் தனிமங்களை (Rare Earths) இம்முறையில் சுலபமாகப் பிரித்தெடுத்துவிடலாம்.

காகித அல்லது தடுப்பு நிற வரிவடிவமுறை (Paper or Partition Chromatography)

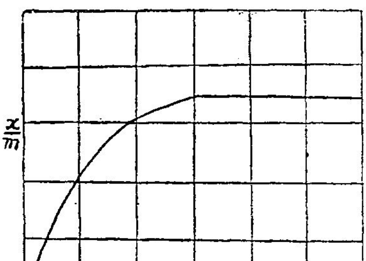
ஒருவகைத் தடுப்பு நிறவியல் முறையில் வடிதாள் ஊடகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. வெவ்வேறு கரைப்பான்களில் பொருள்கள் வெவ்வேறு அளவுகளில் பிரிவதை அடிப்படை

யாகக் கொண்டு இம்முறை செயல்படுகின்றது. இம்முறையைச் சுருக்கமாகப் பின்வருமாறு விவரிக்கலாம். ஒருவடிதாளின், ஒரு விளிம்பில், கலவையின் கரைசல் விளிம்பிற்கு இணையான பட்டையாக வைக்கப்படுகிறது. உலர்ந்த பின்னர் இன்னொரு தக்க கரைசல் முதல் பட்டைக்குச் செங்குத்தாகப் பரப்பப்படும். கலவையிலுள்ள பொருள்கள் பிரிகின்றன. அப்பொருள்கள் நிறமுள்ளவையாக இருந்தால் காகிதத்தில் வெவ்வேறு இடங்களில் வெவ்வேறு நிறமுள்ள புள்ளிகள் தோன்றும். அவை நிறமற்றவையாக இருந்தால் தக்க வினையாக்கிகளைத் (Reagents) தெளித்து அவற்றிற்கு நிறமூட்டலாம். சில நிறமற்ற புள்ளிகளில் புறஊதாக் கதிர்களைச் செலுத்தினால் ஒளிருவதைக் கொண்டு அவற்றை இனம் காணலாம்.

இம்முறையில் மிக நுண்ணிய அளவில் பொருள்கள் கலந்திருந்தாலும் எளிதில் கண்டுபிடிக்க முடியும். வேறு முறைகளில் பிரிக்க முடியாத உயிரியல் பொருள்களை இம்முறையில் தனிப்படுத்த முடிகிறது.

பரப்புக் கவர்ச்சி தெவிட்டியநிலை (Adsorption Saturation)

கொடுக்கப்பட்ட நிறையுள்ள பரப்புக் கவரும் பொருள், பரப்புக் கவரக்கூடிய வாயுவின் அளவு, வாயுவின் அழுத்தம் அல்லது செறிவோடு அதிகரிக்கிறது. ஆனால் ஒரு குறிப்பிட்ட கட்டத்திற்குப் பிறகு பரப்பு கவரும் பொருள் தெவிட்டிய நிலையை அடைந்துவிடும். அதற்கு மேலே வாயுவின் அழுத்தம் அதிகரித்தாலும் பரப்பு கவர்ச்சி அதிகமாகாது. இதே போலக் கரைசல்களில் செறிவு அதிகமாகும்போது திண்மங்கள் கரைபொருள்களை பரப்புக் கவர்வதில் தெவிட்டிய நிலை ஏற்படுகின்றது. இந்த நடத்தையைப் படத்தில் காட்டியது போன்ற வரைகோட்டால் குறிக்கலாம். வரைகோடு செங்குத்தாக உயர்ந்து பின்னர் கிடையாகிவிடுவதைக் கவனிக்கவும். அதாவது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிற்குப் பின்னர் வாயுவின் அழுத்தமோ, கரைபொருளின் செறிவோ அதிகரித்தாலும் பரப்புக் கவர்ச்சி அதிகமாவதில்லை என்று தெரிகிறது.



படம் 94

வைடால் வினை (Widal Reaction) — **பாக்டீரியா திரளுதல்** (Agglutination of Bacteria)

(i) டைஃபாய்டு, பாரா டைஃபாய்டு ஆகிய நோய்களை இனம் காணுவதில் வைடால் வினை பயன்படுகிறது. இதில் கூழ் நிலை பொருள்களின் பரப்பு கவர்ச்சியும் வீழ்படிவாக்கலும் ஏற்படுத்தப்படுகின்றன. டைஃபாய்டு, பாக்டீரியா கரைப்பான் விரும்பும் கூழ்நிலை பொருள்கள். அவை எதிரின மின்னூட்ட முள்ளவை. இரத்த சீரத்திலுள்ள சிறிய அளவு மின்பகு பொருள்களினால் அவை வீழ்படிவாக்கப்படுவதில்லை. அவை இரத்த சீரத்திலிருந்து அக்ளுடைனினைப் (Agglutinin) பரப்பு கவர்ந்து கரைப்பான் எதிர்க்கும் கூழ்நிலைப் பொருள்களாகி விடுகின்றன. அவையும் எதிரினமாக மின்னூட்டப்பட்டிருக்கும். அவற்றை இப்போது சுலபமாக உப்புகளிலிருந்து அயனியாக்கலினால் வெளியாகும் நேரின அயனிகளால் வீழ்படிவாக்கவோ அல்லது திரட்டி ஒன்றவோ செய்யலாம். இது டைஃபாய்டு பாக்டீரியா இருப்பதைக் காட்டும் நேரின வைடால் வினை எனப்படும். பாக்டீரியா வீழ்படிவாகாமல் திரவத்தில் பரவியிருந்தால் அது எதிரின வைடால் வினை எனப்படும்.

நச்சுப் பொருள்களுக்கு மாற்றுத் தயாரித்தல்

(ii) ஒரு விலங்கின் உடலுக்குள் புரோட்டீனைச் செலுத்தினால் சில சமயங்களில் நச்சு எதிர்ப்புப் பொருள்கள் தோன்றி உட்செலுத்தப்பட்ட புரோட்டீன்களின் நச்சுத் தன்மையை முறித்து விடும். இதில் பரப்புக் கவர்ச்சி முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. இரு எதிரெதிராக மின்னூட்டப்பட்ட கூழ்நிலைப் பொருள்கள் கலக்கும்போது அவை வீழ்படிவாக்கப்படுவதாக இருக்கலாம்.

(iii) மருந்துகள், விஷங்கள் ஆகியவற்றின் விளைவுகள் செல் சுவர்களில் அவை பரப்பு கவரப்படுவதால் ஏற்படுகின்றன. பிறகு அவை செல் செவ்வின் வழியே உட்சென்று செல்லினுள்ளிருக்கும் கூழ்நிலைப் பொருள்களுடன் வினைபுரிகின்றன.

(iv) உடலில் ஆர்சனிக் விஷம் கலந்துவிட்டபோது மாற்றுப்பொருளாக கூழ்நிலை ஃபெர்ரிக் ஹைட்ராக்ஸைடு செலுத்தப்படுகிறது. அது விஷத்தைப் பரப்புக் கவர்ந்து, கரையாத ஒரு சேர்மமாக மாற்றி விடுகிறது.

(v) வெவ்வேறு என்சைம்கள் (நொதிகள்) பல்வேறு பொருள்களில் பரப்பு கவரப்படும் சூழ்நிலைகள் வெவ்வேறாக இருப்பதால் பரப்புக் கவர்ச்சியைப் பயன்படுத்தி என்சைம்களைச்

சுத்தம் செய்யலாம். இயற்கைப் பொருள்களிலிருந்து வைட்டமின் B_1 இம்முறையில் தனிப்படுத்தப்படுகிறது.

(vi) சில சேர்மங்கள் காட்டுகின்ற முன்னுரிமைப் பரப்புக் கவர்ச்சி (Preferential Adsorption) சில வீழ்படிவுத் தரம் பார்த்தல் வினைகளில் பயன்படுகிறது. அச்சேர்மங்கள் பரப்பு கவர்ச்சி காட்டிகள் (Adsorption Indicators) எனப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக பொட்டாஷியம் புரோமைடு போன்ற புரோமைடு கரைசலை வெள்ளி நைட்ரேட்டுடன் தரம் பார்க்கும்போது ஈயோசின் (Eosine) சாயம் நிறங்காட்டியாகப் பயன் படுத்தப் படுகிறது. வெள்ளி நைட்ரேட் கரைசலை புரோமைடு கரைசலில் கலக்கும்போது வெள்ளி புரோமைடு வீழ்படிவாகிறது. வெள்ளி புரோமைடு, புரோமைடு அயனிகளையோ வெள்ளி அயனிகளையோ பரப்புக் கவர முடியும். ஆனால் வெள்ளி புரோமைடு வெள்ளி அயனிகள் இருக்கும்போது புரோமைடு அயனிகளையே விரும்பி பரப்புக் கவர்கின்றன. எனவே, புரோமைடு அயனிகள் இருக்கும்வரை அவையே பரப்பு கவரப்படும். அதனால் கரைசல் ஈயோசின் (Eosine) காட்டியின் சிவந்த மஞ்சள் (Pinkish yellow) நிறத்திலேயே இருக்கும். ஆனால் எல்லா புரோமைடு அயனிகளும் நீக்கப்பட்டவுடன் உபரியாயுள்ள வெள்ளி அயனிகள், வெள்ளி புரோமைடினால் பரப்பு கவரப்படும். ஆகவே வீழ்படிவு செந்தூர (Brick red) நிறத்தை அடைகிறது. இதுவே முடிவு நிலையாகும். வெள்ளி நைட்ரேட்டுடன் குளோரைடைத் தரம் பார்க்கும்போது பயன்படுத்தப்படும் புளோரசீனும் (Fluorescein), பொட்டாசியம் குரோமேட்டும் பரப்புக் கவர்ச்சி காட்டிகளுக்கு இன்னொரு எடுத்துக்காட்டாகும்.

(vii) விஷவாயு முகமூடிகள், உயர்வெற்றிடத்தைத் தோற்றுவித்தல், வர்ணங்கள் தயாரித்தல், குடிநீரைத் தூய்மைப்படுத்துதல், சாயமேற்றுதல், வீரிய கரியைக் கொண்டு நிறத்தை நீக்குதல், என்சைம் வினைவேக மாற்றங்கள், வினைவேக மாற்றிகளின் விஷமாதல், பகுப்பாய்வு இரசாயனம் (Analytical Chemistry), ஹைட்ரஜன் கவரப்படுதல் ஆகியவற்றில் பரப்புக் கவர்ச்சி முக்கியமான பங்கு வகிக்கிறது

16. வினைவேக மாற்றம்
(Catalysis)

எல்லா இரசாயன மாற்றங்களின் வினை வேகங்களும் வெப்பநிலை, அழுத்தம், வினைபடு பொருள்களின் செறிவு ஆகிய வற்றைப் பொறுத்துள்ளன. சில சமயங்களில் ஒரு இரசாயன மாற்றத்தின் வினைவேகத்தை, வினையிலே சம்பந்தப்படாத ஒரு பொருளைச் சேர்ப்பதன் மூலம் மாற்ற முடியும். இந்தப் பொருள் இரசாயன மாற்றத்தில் பங்கு கொள்ளாது. இரசாயனச் சமன்பாட்டிலும் இடம் பெறுது. பொட்டாஷியம் குளோரேட்டின் வெப்பச்சிதைவு இதற்கு ஒரு நல்ல எடுத்துக் காட்டாகும். பொட்டாஷியம் குளோரேட்டைத் தனியாகச் சூடாக்கினுல் சிதைவு மிகவும் மெதுவாக நிகழும். மேலும் அதை அதிக அளவிற்குச் சூடாக்க வேண்டியிருக்கிறது. ஆனுல் அதோடு சிறிதளவு மாங்கனீஸ் டை ஆக்ஸைடைச் சேர்த்த பின் சூடாக்கினுல் குறைந்த வெப்பநிலையிலேயே, மிக விரை வாகச் சிதைவு ஏற்படும். சிதைவுக்குப் பின்னர் மாங்கனீஸ் டை ஆக்ஸைடை மாற்றமின்றி வெளியேற்றிவிடலாம். அது எந்த விதமான இரசாயன மாற்றத்திற்கும் ஆளாகாமல் பொட்டாஷியம் குளோரேட்டின் சிதைவை விரைவுபடுத்தி யிருக்கிறது. இத்தகைய பொருள்கள் வினைவேக மாற்றிகள் எனப்படும். ஆஸ்ட்வால்டு கூறுகின்றபடி வினைவேக மாற்றி என்பது சிறிய அளவில் கலந்து இருக்கும்போது, தான் எந்த விதமான இரசாயன மாற்றத்தையும் அடையாமல், அளவிலும் மாருமல், இராசாயன வினையின் வேகத்தை மாற்றுகின்ற பொரு ளாகும். இதுபோன்ற விளைவு வினைவேக மாற்றம் (Catalysis) எனப்படும். ஒரு இரசாயன மாற்றத்தின் வேகம் அதிகப் படவோ, குறைக்கப்படவோ கூடும். இரசாயன மாற்றத்தின் வேகம் குறைக்கப்படுவது எதிரின வினைவேக மாற்றம் எனப் படும். அவ்வாறு குறைக்கின்ற பொருள்கள் தடுப்புகள் (Inhibitors) எனப்படும்.

வினைவேக மாற்றத்தின் தத்துவங்கள்

1888ம் ஆண்டில் ஆஸ்ட்வால்டு வினைவேக மாற்றத்தைப் பற்றிய பல தத்துவங்களை வெளியிட்டார். அவை பின்வருமாறு :

(1) வினைவேக மாற்றி, வினை முடிந்ததும் எந்தவிதமான மாற்றமும் அடைந்திருப்பதில்லை. தொடக்கத்தில் எடுத்துக் கொண்ட அளவும் முடிவில் காணும் அளவும் சமமாயிருக்கிறது. எனவே அதன் வெளித்தோற்றம் போன்ற பௌதிகக் குணங்களில் மாற்றமிருப்பினும், இரசாயன மாற்றம் ஏதும் ஏற்பட்டிருப்பதில்லை. உதாரணமாக பொட்டாஷியம் குளோரேட் சிதைவுற்று ஆக்ஸிஜனைக் கொடுக்கும் வினையில் பயன்படும் மாங்கனீஸ்டை-ஆக்ஸைடு தொடக்கத்தில் பெரிய படிகங்களாயினும் முடிவில் தூளாகிவிவிடுகிறது. அமோனியா வாயுவை ஆக்ஸிஜனேற்றம் செய்யப்பயன்படும் பிளாட்டின உலோகத்தின் புறப்பரப்பு பழகப் பழக சொறசொறப்பாகி விடுகிறது. வினைவேக மாற்றியில் பௌதிக மாற்றமேற்படுவதைக் கொண்டு வினை நிகழும் போது அதன் ஒரு கட்டத்தில் இதுவும் இரசாயன மாற்றத்தில் ஈடுபட்டுப் பின்னர் மற்றொரு கட்டத்தில் மீண்டும் இரசாயன மாற்றத்திற்குட்பட்டு வெளியாகி விடுவதாக ஊகிக்கலாம்.

(2) பெரிய அளவில் வினைபடு பொருள்கள் செயல்படுவதற்குக்கூட சிறிய அளவு வினைவேக மாற்றி போதுமானதாக இருக்கிறது. ஏனெனில் வினை நிகழும் போது வினைவேகமாற்றி தீர்ந்து போய் விடுவதில்லை. சில வினைகளில் சிறிதளவு வினைவேக மாற்றி போதுமானதாயிருப்பினும் பொதுவாகப் பல சமச்சீர் வினைகளில் வினைவேக மாற்றி செயல்படும்வேகம் அதன் செறிவைப் பொறுத்திருக்கிறது. சமசீரற்ற வினைகளில் கூட வினைவேக மாற்றி செயல்படும்வேகம் திண்மத்தின் புறப்பரப்பின் அளவைப் பொறுத்திருக்கும்.

(3) வினைவேகமாற்றி ஒரு வினையைத்துவக்க முடியாது. அது முன்னமே தாமதமாகச் செயல்பட்டுக் கொண்டிருக்கும் ஒரு வினையை முடுக்கிவிட்டு அதன் வேகத்தை அதிகப்படுத்துகிறது. வினைவேக மாற்றி வினைகளைத் தொடங்குவதற்கு உடந்தையாயிருக்கிறது என்பது சிலர் கருத்தாயினும் வினை மிகக் குறைந்த வேகத்தில் நிகழ்ந்து சோதனையில் அளந்தறிய இயலாத மிகச் சிறிய அளவிலே வினைபொருள்கள் உண்டாக்கிக் கொண்டிருக்கும் என்பதே தற்காலத்தில் பலராலும் ஒத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

(4) மீள்வினைகளில் வினைவேக மாற்றி சமநிலையின் அமைப்பை மாற்றுவதில்லை. வினையின் முடிவில் வினைவேக மாற்றி முழுமையாக வெளிப்பட்டுவிடுவதால் இரசாயன அமைப்பிற்கு அது எந்தவிதமான ஆற்றலையும் அளிப்பதில்லை. எனவே வினைவேக மாற்றி இருந்தாலும் இல்லாவிட்டாலும் சமநிலை அமைப்பு மாறுது. வினைவேக மாற்றி சமநிலை மாறிலியின் மதிப்பு மாறுமல், சமநிலையை விரைவாக எட்டுவதற்கே துணை புரிகின்றது. மேலும் சமநிலை மாறிலி என்பது நேர்வினை வேக மாறிலி, எதிர்வினை வேக மாறிலி ஆகியவற்றின் தகவு ஆதலால், ஒரு நல்ல வினைவேக மாற்றியானது நேர்வினையையும், எதிர் வினையையும் சம அளவில் பாதிக்கிறது என்பது புலனாகிறது.

(5) வினைவேக மாற்றிகள் குறிப்பிட்ட வகையிலேயே செயல்படுகின்றன. ஒரு வினைக்குப் பொருந்துகின்ற வினைவேக மாற்றி மற்றொரு வினைக்குப் பொருந்தாமலிருக்கலாம். மேலும் அதே வினைபடு பொருள்களில் வெவ்வேறு வினைவேக மாற்றிகள் செயல்படும்போது, வெவ்வேறு வினை பொருள்கள் தோன்றலாம். எடுத்துக்காட்டாக கார்பன் மோனாக்ஸைடும், ஹைட்ரஜனும் நிக்கல் வினைவேக மாற்றியாக உள்ளபோது இணைந்தால் மீதேனும், நீரும் கிடைக்கின்றன; குரோமிக் ஆக்ஸைடு இருக்கும்போது மீதைல் ஆல்கஹால் தோன்றுகிறது; செப்பு இருக்கும் போது பாரமால்டிஹைடு தோன்றுகிறது. எனவே சில சமயங்களில் வினைவேக மாற்றிகள் வினையின் திசையையே மாற்றிவிட முடிகிறது.

வினைவேக மாற்ற வகைகள்

வினைவேக மாற்றத்திற்குட்பட்ட வினைகளை இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவையாவன (1) வினைபடு பொருள்களும், வினைவேக மாற்றியும் ஒரே நிலைமையிலுள்ள அமைப்புகள், அதாவது ஒரு படித்தான வினைவேக மாற்றம் (Homogeneous Catalysis) (2) வினைபடு பொருள்களும் வினைவேக மாற்றியும் வெவ்வேறு நிலைமையிலுள்ள அமைப்புகள், அதாவது பல படித்தான வினைவேக மாற்றம் (Hetero geneous Catalysis).

ஒரு படித்தான வினைவேக மாற்றத்தில் வினைபடு பொருள்களும் வினைவேக மாற்றியும் ஒரே நிலையிலிருப்பதால், வினைவேக மாற்றி வினைபடு பொருள்களிலிருப்பதால், வினைவேக மாற்றி வினைபடு பொருள்களிலிருந்து தனியாகப் பிரிந்திருக்காது. வாயுநிலையில் வினைவேக மாற்றிக்குட்பட்ட ஒரு படித்

தான வினைகள் சாதாரணமாக அதிகமாகத் தென்படுவதில்லை. நைட்ரிக் ஆக்சைடை வினைவேக மாற்றியாகப் பயன்படுத்தும் சல்பர்டை ஆக்சைடும், ஆக்ஸிஜனும் இணையும் காரீய அறை முறைதான் இதற்கு நல்ல உதாரணமாகும். கார்பன் மோனாக்சைடும் ஆக்ஸிஜனும் இணைகின்ற வினைக்கும் நைட்ரிக் ஆக்சைடுக வினைவேக மாற்றியாகப் பயன்படுகிறது. இவற்றில் எல்லாப் பொருள்களும் வாயுநிலையில் இருக்கின்றன.

பலபடித்தான வினைவேக மாற்றங்களில் வினைபடு பொருள்களும், வினைவேக மாற்றியும் வெவ்வேறு நிலைகளிலிருக்கும். வினைவேக மாற்றி வினைபடு பொருள்களிலிருந்து பிரிந்து தெரியும். திடப்பொருள்கள் வினைவேக மாற்றிகளாகச் செயல்படும் வாயுக்களைக் கொண்ட வினைகள் ஏராளமாயுள்ளன. பிளாட்டினத்தை வினைவேக மாற்றியாகப் பயன்படுத்தி சல்பர்டை ஆக்சைடையும் வாயு மண்டல ஆக்ஸிஜனையும் தொகுத்து சல்பர்ட்ரை ஆக்சைடு தயாரித்தல், இரும்பையும் சிறிதளவு அலுமினிய ஆக்சைடு, பொட்டாஷியம் ஆக்சைடு இவற்றையும் பயன்படுத்தி ஹைட்ரஜனையும், நைட்ரஜனையும் தொகுத்து அமோனியா தயாரித்தல் (ஹேபர் செய்முறை) நுண்துகளாக்கப்பட்ட நிக்கலைப் பயன்படுத்தி திரவ எண்ணைகளை ஹைட்ரஜனேற்றம் செய்து மார்கரின், வனஸ்பதி ஆகியவை தயாரித்தல் போன்ற தொழில்களில் பல படித்தான வினைவேக மாற்றங்கள் பயன்படுகின்றன.

வினைவேக மாற்றிகள் செயல்வழி முறைகள்

ஒவ்வொரு பொருளும், ஒவ்வொரு முறையில் வினைவேக மாற்றியாகச் செயல்படுகின்றது. அதன் வினை முறையை (1) இடைநிலை சேர்மக் கொள்கை (Intermediate Compound theory) (2) பரப்புக் கவர்ச்சிக் கொள்கை எனும் இரு கொள்கைகளின் அடிப்படையில் விளக்கலாம்.

(1) இடைநிலை சேர்மக் கொள்கை

இக்கொள்கையின்படி வினைவேக மாற்றி முதலில் வினைபடு பொருள்களில் ஒன்றுடன் இணைந்து சேர்மமாக இணைகிறது. இந்த இடைநிலைச் சேர்மத்தின் கிளர்வு (activity) வினைபடு பொருள்களினுடையதைவிட அதிகமாயிருக்கும். இந்த நிலையற்ற சேர்மம் மற்ற வினைபடு பொருளுடன் வினைபுரிந்து, தனது பழைய நிலைக்குச் சிதைந்து விடுகிறது. அதே சமயத்தில் பிரதானமான மாற்றம் முடிவு பெறுகிறது.

இக்கொள்கை காரீய அறை முறையில் கந்தக அமிலம் தயாரிக்கப்படுவதை திருப்திகரமாக விளக்குகிறது. இம்முறையில் நைட்ரிக் ஆக்ஸைடு சல்பர் டை ஆக்ஸைடை ஆக்ஸினேற்றம் செய்து சல்பர் ட்ரையாக்சைடாக்குகிறது. நைட்ரிக் ஆக்ஸைடு முதலில் ஆக்ஸிஜனுடன் இணைந்து நைட்ரஜன் ஃபெர்ராக்சைடாக மாறும். பிறகு நைட்ரஜன் ஃபெர்ராக்ஸைடு சல்பர் டை ஆக்ஸைடை ஆக்ஸிஜனேற்றம் செய்து சல்பர் ட்ரையாக்சைடாக மாற்றிவிட்டுத்தான் ஆக்ஸிஜனிறக்கமடைந்து நைட்ரிக் ஆக்ஸைடாகிவிடுகிறது.

இவ்வாறு $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$

$$SO_2 + NO_2 \longrightarrow SO_3 + Na.$$

ஆக மொத்தத்தில்,

$$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3$$

நைட்ரிக் ஆக்ஸைடு மீண்டும் ஆக்ஸினேற்றமடைந்து நைட்ரஜன் ஃபெர்ராக்சைடாக மாறுகிறது. இவ்வாறு வினை தொடர்ந்து நிகழ்கிறது.

இன்னொரு உதாரணமாக பொட்டாஷியம் குளோரேட்டையும், மாங்கனீஸ் டை ஆக்ஸைடையும் கலந்து சூடாக்கி ஆக்ஸிஜன் உண்டாக்குவதைக் கூறலாம். இங்கு மாங்கனீஸ் டை ஆக்ஸைடு வினைவேக மாற்றியாகச் செயல்படுகிறது. அதில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் பின்வருமாறு :

$$2MnO_2 + 2KClO_3 \longrightarrow 2KMnO_4 + Cl_2 + O_2.$$

$$2KMnO_4 \longrightarrow K_2M_2O_4 + MnO + O_2.$$

$$K_2MnO_4 + Cl_2 \longrightarrow 2KCl + MnO_2 + O_2.$$

மங்கனீஸ் டை ஆக்ஸைடு பொட்டாஷியம் குளோரேட்டுடன் இணைந்து பொட்டாஷியம் பெர்மாங்கனேட்டாகி குளோரினையும், ஆக்ஸிஜனையும் வெளிப்படுத்துவதாகவும் பின்னர் பொட்டாஷியம் பெர்மாங்கனேட் சிதைந்து பொட்டாஷியம் மாங்கனேட், மாங்கனீஸ் டை ஆக்ஸைடு, ஆகிஸிஜன் ஆகியவை தோன்றுவதாகவும், பொட்டாஷியம் மாங்கனேட் குளோரினுடன் இணைந்து பொட்டாஷியம் குளோரைடு, மாங்கனீஸ் டை ஆக்ஸைடு, ஆக்ஸிஜன் ஆகியவை தோன்றுவதாயும் ஊகிக்கலாம். இம்முறையில்

தயாரிக்கப்படும் ஆக்ஸிஜனில் இலேசாகக் குளோரின் கலந்திருப்பது இதை உறுதிப்படுத்துகிறது.

(2) லாங்மூயிரின் பரப்பு கவர்ச்சிக் கொள்கை

இக்கொள்கையின்படி வினைபடு பொருள்களின் பெரும்பகுதி வினைவேக மாற்றியின் பரப்பில் கவரப்பட்டு தொற்றிக் கொள்கின்றன. அதன் விளைவாக வினைவேக மாற்றியின் மேற்பரப்பில் வினைபடு பொருள்களின் செறிவுமிக்க படலம் ஒன்று உருவாகிறது. திடப்பொருளின் பரப்பில் கவரப்படும் வாயு மூலக்கூறுகள் ஒன்றின்மேல் ஒன்ருக இல்லாமல், ஒரே சீராக, ஒரு மூலக்கூறு கனத்தில் ஒட்டிக் கொள்கின்றன. அதாவது புறப்பரப்பில் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும் மூலக்கூறுகளின் கனம் ஒரு மூலக்கூறின் விட்டத்தின் அளவுதான் எனவும் அதற்குமேல் இருக்கமுடியாது என லாங்மூயிர் சொன்ஞர். வினைவேக மாற்றியின் பரப்பளவு அதிகரிக்கும்போது பரப்புக் கவர் திறனும் அதிகரித்து வினைவேக மாற்றியின் திறமை அதிகமாகிறது. வினைவேக மாற்றி தூளாக இருக்கும்போது செயல்திறம் அதிகமாக இருப்பது இக்கருத்தை உறுதிப்படுத்துகிறது. இந்தப் பரப்பு கவர்ச்சி வினைவேக மாற்றியின் மேற்பரப்பில் வினைபடு பொருள்களின் செறிவை அதிகமாக்குவது போலத் தெரிகிறது. அதன் பரப்பில் வினைபடு மூலக்கூறுகளும் அடுத்தடுத்து தொற்றிக்கொள்கின்றன. அதஞல் அவை ஒன்றையொன்று நெருங்கி அமைந்து இணையலாம். இவ்வாறு வினைவேக மாற்றியின் பரப்பில் புதிய மூலக்கூறுகள் தோன்றுவதற்கு வசதி கிடைக்கும். புதிய மூலக்கூறு உருவாகியவுடனே அது வினைவேக மாற்றியின் புதிய பரப்பைவிட்டு நீங்கிவிடுகிறது. அது காலி செய்த இடத்தில் மற்ற மூலக்கூறுகள் தொற்றிக்கொண்டு வினை தொடர்கிறது.

தொடுகைமுறையில் (Contact Process) கந்தக அமிலம் தயாரிக்கப்படுவதை இக்கொள்கையின் அடிப்படையில் விளக்கலாம். இதில் சல்பர்டையாக்சைடு வாயு மண்டல ஆக்சிஜஞல் ஆக்சிஜனேற்றமடைந்து சல்பர்ட்ரையாக்சைடு தோன்றுகிறது. பிளாட்டினம் படிந்த அஸ்பெஸ்டாஸ் இங்கு வினைவேக மாற்றியாகச் செயல்படுகிறது பிளாட்டினம் இரு வாயுக்களையும் பரப்பு ஊன்றுகை செய்யும்போது அவை இணைந்து S_2O_3 உண்டாகலாம்.

தூண்டிகள் (Promotors)

சில வேளைகளில் ஒரு வினைவேக மாற்றியுடன் இன்னொன்றைச் சேர்த்தால் வினைவிளைவு இன்னும் விரைவாக்கப்படுகிறது.

உதாரணமாக நாகஆக்ஸைடு, குரோமிய ஆக்ஸைடு கலவை, கார்பன்மோனாக்ஸைடை ஆக்ஸிஜனிறக்கம் செய்து மீதைல் ஆல்கஹாலைத் தயாரிப்பதில் வினைவேக மாற்றியாகச் செயல் படுகிறது. இவ்வகைக் கலவை வினைவேக மாற்றிக் கலவை (Mixed Catalysts) எனப்படும். வினைவேக மாற்றும் தன்மை சிறிதும் இல்லாத ஒரு பொருளைச் சிறிதளவு சேர்த்தால் ஒரு குறிப்பிட்ட வினைவேக மாற்றியின் கிளர்வுத் தன்மையை அது மிகவும் உயர்த்தி விடுகிறது. வினைவேக மாற்றிக் கலவையில் இது ஓர் உச்சவகை எனச் சொல்லலாம். இவ்வகைப் பொருள் கள் தூண்டிகள் எனப்படுகின்றன. தூண்டிவிடும் செயலுக்குப் பல உதாரணங்கள் காட்டலாம். அவை வர்த்தக முறையில் முக்கியமானவை. நைட்ரஜனும், ஹைட்ரஜனும் இணையும் போது இரும்பு வினைவேக மாற்றியாகவும், சிறிதளவு பொட்டாசியம் ஆக்ஸைடு, அலுமினிய ஆக்ஸைடு இவற்றின் கலவை தூண்டியாகவும் பயன்படுகின்றன. வினைவேக மாற்றி யின் புறப்பரப்பு கவர்ச்சியில் மாற்றம் ஏற்படுத்தியும், வினைவேக மாற்றங்களின் புறப்பரப்பிலுள்ள கிளர்வுகொள் மையங்களில் (Active Centres) மாற்றம் ஏற்படுத்தியும் தூண்டிகள் செயல்படு கின்றன என விளக்கப்பட்டது. ஒரே சமயத்தில் கிளர்வுகொள் மையங்களின் தொகை, அவற்றிற்கிடையிலுள்ள தொலைவு, அவற்றின் விளைவேற்படுத்தும் திறன் போன்ற பல காரணங் களால் ஏற்படும் மாற்றங்களைக் கொண்டுதான் தூண்டிகளின் செயலை விளக்க முடியும் எனத் தோன்றுகிறது.

நஞ்சூட்டுதலும், எதிரின வினைவேக மாற்றமும் (Poisoning of Catalysts and Negative Catalysis)

சில சமயங்களில் சில குறிப்பிட்ட வேற்றுப் பொருள்கள் இருப்பது வினைவேக மாற்றியின் செயல்திறனைக் குறைக்கவோ, முற்றிலும் ஒடுக்கிவிடவோ செய்கிறது. இத்தகைய பொருள்கள் வினைவேக மாற்றி நஞ்சுகள் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக கந்தக அமிலத்தைத் தயாரிக்கும் தொடுகை முறையில் ஆர்செனிக் சேர்மங்கள் சிறிதளவு சேர்ந்திருந்தாலும் அவை பிளாட்டின வினைவேக மாற்றியின் திறத்தை ஒடுக்கி, இறுதியில் விலையுயர்ந்த பிளாட்டினத்தைச் சிதைத்து அழித்து விடு கின்றன. ஆகவே இம்முறையில் வினைபடு வாயுக்களை முற்றிலு மாகத் தூய்மைப்படுத்தி ஆர்செனிக் சேர்மங்களை நீக்கிவிட வேண்டும். பிளாட்டினத்திற்குப் பதிலாக வனேடியம் பென்டாக்ஸைடைப் பயன்படுத்தி இந்த இடைஞ்சலை இப் போது சமாளிக்கிறார்கள். பிளாட்டினத்தைப்போல வனேடியம்

பென்டாக்ஸைடு நஞ்சுகளால் அவ்வளவாகப் பாதிக்கப் படுவதில்லை.

வினைவேக மாற்றிகள் எல்லா நஞ்சுகளையும் மிக எளிதாக பரப்பு கவர்கின்றன. எனவே வினைவேக மாற்றியின் மேற் பரப்பு விரைவாக மூடப்பட்டுவிடுகிறது. அதன் விளைவாக வினைபடு பொருள்கள் தொற்றிக்கொள்ள இடமில்லாமல், வினை வேக மாற்றியின் பயன் குறைந்து விடுகிறது.

சில வினைகளின் வேகங்களைக் கட்டுப்படுத்த இந்த நஞ்சுகள் பயன்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக ஹைட்ரஜன் பெர்ராக்ஸைடைச் சிதைப்பதில் கொள்கலத்தின் சுவர்களே வினைவேக மாற்றியாகச் செயல்படுகின்றன. சிறிதளவு அசிடானிலைடு அல்லது பார்பிடுரிக் அமிலத்தைச் சேர்த்தால் அவை ஹைட்ரஜன் ஃபெர்ராக்சைடு சிதைவடைய ஏறக் குறைய முழுமையாகத் தடுத்துவிடுகின்றன. ஆதலால் ஹைட்ரஜன் ஃபெர்ராக்சைடை நீண்ட நாட்களுக்கு சேமித்து வைப்பது எளிதாகிறது. இவ்வாறு ஒரு வினையின் வேகம் குறைக்கப்படுவது எதிரின வினைவேக மாற்றம் எனப்படும்.

பென்சால் டீஹைடு ஆக்ஸிஜனேற்றமாவதைத் தடுக்க சிறிதளவு ஹைட்ரோ குயினோனைச் சேர்த்தல், குளோரோபாரத் தில் சிறிதளவு ஆல்கஹாலைக் கலந்து அது விஷமான பாஸ்ஜீன் வாயுவாக ஆக்ஸிஜனேற்றமாவதைத் தடுத்தலும் மேற்கண்ட எதிரின வினைவேக மாற்றத்திற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும். ஆல்கஹாலின் இந்தத் தடுப்புச் செயல் இல்லாவிடில் குளோரோ பாரத்தை மறக்கச் செய்யும் பொருளாகப் (Anaesthetic) பயன் படுத்தவே முடியாது.

வினைவேக மாற்றிகளின் நஞ்சுகள், கிளர்வுகொள் மையங் களில் உறுதியாகத் தொற்றிக் கொண்டு வினைபடு பொருள்கள் அணுகாமல் தடுத்துவிடுகின்றன. இக்கிளர்வு கொள் மையங் கள், மொத்தப் பரப்பில் ஒரு கணிசமான பின்னமாகையால், சிறிதளவு நஞ்சைச் சேர்த்தாலும், வினைவேக மாற்றியின் திறன் பெரிதும் குறைந்துவிடுகிறது எனலாம்.

தம்வினைவே மாற்றிகள் (Auto Catalysts)

ஒரு வினையில் தோன்றும் விளைபொருள்களில் ஒன்றே சில சமயங்களில் வினைவேக மாற்றியாகச் செயல்படுகிறது. இது தம் வினைவேக மாற்றம் எனப்படும். பொட்டாசியம் பெர் மாங்கனேட் கரைசலை, நீர்த்த கந்தக அமிலம் கலந்த வெது

வெதுப்பான ஆக்சாலிக் அமிலத்துடன் தரம் பார்க்கும்போது, பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட்டின் முதல் சில துளிகள் உடனடியாக நிறமிழப்பதில்லை என்பதைப் பார்க்கலாம். ஆனால் வினை தொடங்கியவுடன் அடுத்துச் சேர்க்கப்படும் பொட்டாசியம் பெர்மாங்கனேட் உடனடியாக நிறமிழக்கிறது. இது வினையின் போது தோன்றும் மாங்கனீஸ் உப்பு வினைவேக மாற்றியாகச் செயல்படுவதால் ஏற்படுகிறது.

என்சைம் வினைவேக மாற்றம்

என்சைம்கள் உயிர்வாழ் செல்களில் தோன்றுகின்ற கரிம வினைவேக மாற்றிகளாகும். அவை பல படித்தான வினைவேக மாற்றிகளாகச் செயல்படும் நைட்ரஜன் அடங்கிய சேர்மங்களாகும். அவை அமில ஊடகத்தில் நேரினமாயும், கார ஊடகத்தில் எதிரினமாயும் மின்னூட்டப்பட்ட ஈரியல்புள்ள மின்பகு (Ampholytes) கூழ்நிலைப் பொருள்களாக இருக்கக்கூடும். அவை பெரும்பாலும் புரதங்களாகத் தெரிகின்றன. பல வளர் மாற்ற (Anabolic), சிதைமற்ற (Catabolic) வகையான கூட்டு வழிமுறைகள் என்சைம்களால் வினைவேக மாற்றப்படுகின்றன. நாம் உட்கொள்ளும் உணவும் ஆக்ஸிஜனும், உடலுக்கு ஆற்றலும் வளர்ச்சியும் தரும் வகையில் என்சைம்களால் தக்கபடி மாற்றியமைக்கப்படுகின்றன.

என்சைம்களை வகைப்படுத்தல்

என்சைம்களைப் பொதுவாக அவற்றின் வினைவேக மாற்ற வழி முறைகளைப் பொறுத்து இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். அவை யாவன (1) நீரால் பகு என்சைம்கள் (Hydrolases) (2) ஆக்ஸிஜனேற்ற இறக்க என்சைம்கள். முதல்வகை என்சைம்கள் எளிய புரதங்களாகும். அவை நீரால் பகுப்பைத் தோற்றுவிக்கவும், கார்போஹைட்ரேட், எஸ்டர்கள், அமைடுகள், புரதங்கள் ஆகியவற்றைத் திரும்பத் தொகுக்கவும் செய்கின்றன. ஆக்ஸிஜனேற்ற இறக்க என்சைம்களில் ஆக்ஸிஜனேற்றத்தையும், ஆக்ஸிஜனிறக்கத்தையும் ஒழுங்குபடுத்துகின்ற கூட்டுப் புரதக் (Prosthetic) குழு ஒன்றுள்ளது. இந்த இரு என்சைம் வகைகளையும் ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட வகையான வினைகளைத் தோற்றுவிக்கும் சில உபவகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவற்றைப் பற்றிய விபரங்கள் கீழே அட்டவணையில் தரப்படுகின்றன.

(1) நீரால் பகு என்சைமுகள்

என்சைம்	என்சைம் வினை செய்பொருள்கள்	வினைபொருள்கள்
A **எஸ்டரேஸ்கள்** (Esterases)		
(i) அசிடிலெஸ்டரேஸ் (Acetylesterase)	அசிடிக் அமில எஸ்டர்கள்	அசிடிக் அமிலமும் ஆல்கஹாலும்
(ii) கோலினெஸ்டரேஸ் (Choliuesterase)	அசிடில்கோலின்	அசிடிக் அமிலமும் ஆல்கஹாலும்
(iii) லைபேஸ்	கிளிசரைடுகள்	கிளிசராலும், தொகுப்பு அமிலங்களும்
(iv) பாஸ்படேஸ்கள்	பாஸ்பேட் எஸடர்கள்	பாஸ்பரிக் அமிலமும் ஆல்கஹ்ால் களும்
B **கார்போஹைட்ரேஸ்கள்**		
(i) அமிலேஸ்	மாவு	மால்டோஸ்
(ii) லாக்டேஸ்	லாக்டோஸ்	கலக்டோசும் குளுகோசும்
(iii) மால்டேஸ்	மால்டோஸ்	குளுகோஸ்
C **புரோட்டியேசுகளும் பெப்டைடேசுகளும்**		
(i) பெப்சின்	புரோட்டீன்கள்	புரோடியோசகளும் பெப்டோன்களும்
(ii) ரென்னின்	கேசின்	பாரகேசின்
(iii) ட்ரிப்சின்	புரோட்டீன்கள்	பாலிபெப்டைடுகளும் அமினோ அமிலங்களும்
D **பாஸ்போரைலேசுகள்**	பாலிசாக்கரைடுகள்	ஹெக்ஸோசஸ் பாஸ்பேட்
E **அமிடேசுகள்**		
(i) அர்கினேஸ்	அர்கினைன்	யூரியாவும் ஓர்னிதைனும்
(ii) யூரியேஸ்	யூரியா	கரியமில வாயுவும் அமோனியாவும்

(2) ஆக்ஸிஜனேற்ற என்சைம்கள்

என்சைம்	என்சைம் வினை செய் பொருள்	வினை பொருள் கள்
F. காடலேஸ்	ஹைட்ரஜன் பெராக்ஸைடு	நீரும் ஆக்ஸி ஜனும்
G. டீஹைட்ரோ ஜனேஸ்கள்		
(i) ஆல்கஹால் டீ ஹைட்ரஜனேஸ்	எதில் ஆல்கஹால்	அசிடால்டி ஹைடு
(ii) லாக்டிக் ஹைட்ர ஜனேஸ்	லாக்டிக் அமிலம்	பைருவிக் அமிலம்
H. ஆக்ஸிடேஸ்கள்		
(i) ஆஸ்கார்பிக் அமில ஆக்ஸி டேஸ்	அஸ்கார்பிக் அமிலம்	டீஹைட்ரோ அஸ்கார்பிக் அமிலம்
(ii) டைரோசினேஸ்	டைரோசைன்	மேலானின்

என்சைம் வினைவேக மாற்றத்தின் தத்துவங்கள்

கனிம வினைவேக மாற்றிகளுக்கு உள்ள தத்துவங்களே என்சைம்களுக்கும் பொருந்துகின்றன. அவற்றோடு இன்னும் சில கருத்துகளும் முக்கியமானவையாகும்.

ஒரே வினையின் வேக மாற்றத்தில் ஒரு கனிமமும், ஒரு என்சைமும் ஈடுபடும்போது சில சமயங்களில் என்சைம், கனிமத்தைவிட மேலாக இருப்பதாகத் தெரிகிறது.

ஒவ்வொரு என்சைமும் ஒரு குறிப்பிட்ட மதி PH மதிப்பில் மிகச் சிறப்பாகப் பணிபுரிகிறது. இந்த உகப்பான (optimum) PH மதிப்பு என்சைம் வினைசெய் பொருளின் தன்மையையும் பொறுத்திருக்கிறது. சில முக்கியமான என்சைம்களின் PH மதிப்பைப் பின்வரும் அட்டவணையில் காணலாம்.

என்சைம்கள்	என்சைம் வினை செய் பொருள்	உகப்பான PH
பெப்சின்	வெவ்வேறு புரதங்கள்	1·5—2·5
இன்வர்டேஸ்	சக்கரேஸ்	4·6—5·0
ரென்னின் (வயிறு)	கேசீன்	6·1
காடலேஸ் (இரத்தம்)	ஹைட்ரஜன் பெராக்ஸைடு	7
லேயேஸ் (ஈரல்)	எதில் ப்யூடைரேட்	8·3
ட்ரைப்சின்	வெவ்வேறு புரதங்கள்	8-11

என்சைம்களின் செயல்திறம் வெப்பநிலையையும் பொறுத்திருக்கிறது. விலங்கு என்சைம்களுக்கு உகப்பான வெப்பநிலை 40°C-யிலிருந்து 50°C வரையிலும், தாவர என்சைம்களுக்கு 50°C-யிலிருந்து 60°C வரையிலும் ஆகும். 80°C-க்கு மேல் சூடாக்கப்பட்டால் பெரும்பாலான என்சைம்கள் முற்றிலுமாக நசிந்துவிடும்.

என்சைம்கள் குறிப்பிட்ட வகைகளிலேயே செயல்புரிகின்றன. இந்த குறிப்பிட்ட செயல்முறைத் தன்மை கனிமங்களைவிட என்சைம்களுக்கே சிறப்பான இயல்பாகும். இவ்வாறு லைபேஸ் கொழுப்புகளும், எஸ்டர்களும் சிதைவதையும், எமல்சின் பீட்டாகிளைக்கோசைடுகள் நீரால் பகுபடுவதையும், பெப்சின் புரதங்கள் நீரால் பகுபடுவதையும், மால்டேஸ், மால்டோஸ் குளுகோசாக நீரால் பகுபடுவதையும், இன்வர்டேஸ் கரும்புச் சர்க்கரை மாறுவதையும், சைமேஸ் குளுகோஸ் ஆல்கஹாலாகவும் கரியமில வாயுவாகவும், நொதித்தலையும் விரைவுபடுத்துகின்றன. சில என்சைம்கள் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட வினைகளில் வேகமாற்றம் ஏற்படுத்தவும் செய்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக எமல்சின் பல குளுகோசைடுகள் நீரால் பகுக்கப்படுவதில் பங்கு கொள்கிறது. ஆனால் ஒவ்வொரு வினையிலும் வேகமாற்றம் வெவ்வேறாக இருக்கும். சில என்சைம்கள் ஒரே இரசாயன

மாற்றத்தை மட்டுமே வினைவேக மாற்றம் செய்யக்கூடியவை. எடுத்துக்காட்டாக லாக்டிக் டீ ஹைட்ரஜனேஸ் *l*-லாக்டிக் அமிலத்தின் ஆக்ஸிஜனேற்றத்தை மட்டுமே வினைவேக மாற்றம் செய்கிறது. *d*-லாக்டிக் அமிலத்தின் ஆக்ஸிஜனேற்றத்தில் பங்கேற்பதில்லை.

வினைவேக மாற்றிக் கனிமங்களைப்போல என்சைம்களும் ஒரு மீள்வினையில் சமநிலையின் அமைப்பை மாற்றுவதில்லை நேர் வினை, எதிர்வினை ஆகிய இரண்டின் வேகத்தையும் ஒரே அளவில் மாற்றுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக கணையத்திலிருந்து (Pancreas) வரும் லைபேஸ், எதில் பியூடைரேட்டை எதில் ஆல்கஹாலாகவும், பியூடைரிக் அமிலமாகவும் மாற்றுகின்ற நீரால் பகுப்பினை விரைவு படுத்தவோ, எதில் ஆல்கஹால், பியூடைரிக் அமிலம் ஆகியவற்றிலிருந்து எதில் பியூடைரேட்டைத் தொகுப்பதை விரைவுபடுத்தவோ பயன்படுத்தும்போது ஒரே மாதிரியான சமநிலை எட்டப்படுகிறது.

துணை என்சைம்கள் (Co-enzymes)

சில குறிப்பிட்ட என்சைம்களைக் கூழ் பிரிகை செய்யும் போது, வெளியேறிய பகுதியையும், மீதமுள்ள பகுதியையும் தனித்தனியே வைத்தால் அவை சர்க்கரையைப் புளிக்க வைப்பதில்லை. ஆனால் அவற்றை மீண்டும் கலந்துவிட்டால் அவை சர்க்கரையைப் புளிக்க வைக்கும். கூழ்பிரிகையில் மீந்துபோகும் பகுதி இணை என்சைம் எனப்படுகிறது. இணை என்சைம் இல்லாமல் செயல்படாது. சில சமயங்களில் கனிமப்பொருள்கள் இணை என்சைம்களாக இருந்துவிடும். இவ்வாறு இரத்தத்தை உறைய வைக்கிற த்ரோம்போஸ் என்சைமில் உள்ள கால்ஷியம் தைராய்டு சுரப்பியிலுள்ள அயோடின், ஹிமோகுளோபினில் உள்ள இரும்பு ஆகியவை துணை என்சைம்களாகச் செயல்படுவதாக இருக்கலாம்.

தூண்டிகள்

சில மின்பகு பொருள்களைச் சேர்த்து என்சைம்களின் வினைவேக மாற்ற வினைவைத் தூண்டிவிடலாம். அமிலங்கள் பெப்சினையும், காரங்கள் ட்ரைப்சினையும் சாதாரண உப்புகள் பல என்சைம்களையும் இவ்வாறு தூண்டிவிடுகின்றன.

என்சைம் வினைகளும், வினைசெய் பொருட்களின் செறிவும்

பல என்சைம் வினைகளில் ஒரே பொருளின் வெவ்வேறு செறிவுகளுள்ள கரைசலைப் பயன்படுத்தும்போது, மொத்த

அளவில் மாற்றத்திற்குட்பட்ட பொருளின் விகிதம் ஒரே அளவாக உள்ளது என்பது காணப்பட்டுள்ளது. கரைசலின் செறிவு அதிகமானாலும், குறைந்தாலும் ஒரே அளவுள்ள பொருள் மாற்றமடைகிறது. இருவகைகளிலும் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் மாற்றமடைந்த பொருளின் அளவு சமமாக இருக்கும். ஆனால் பின்னதில் செறிவு அதிகமாயிருக்கிறது. எனவே அதில் மாற்றமடைந்த பொருள்களின் விகிதம் குறைவு. எனவே அதில் மாற்றமடைந்த பொருட்களின் விகிதம் குறைவு. எனவே செறிவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க மொத்த அளவில் மாற்றமடைந்த பொருளின் பின்னம் குறைகிறது.

பரப்பிக் கவர்ச்சிக் கொள்கையினடிப்படையில் இதை விளக்கலாம். அதன்படி ஒருவினை நிகழும் வேகம் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் பரப்பு கவரப்படும் பொருளின் அளவைப் பொறுத்திருக்கிறது. வினை நிகழும்போது பரப்பு கவர்ச்சி தெவிட்டியநிலை ஏற்பட்டு, அதற்குமேல் செறிவு அதிகரித்தாலும் பரப்பு கவர்ச்சி அதிகரிக்காது. அந்த நிலையில் வினையின் வேகம் மாறாமல் இருக்கின்றது.

எதிரின தம்வினை வேகமாற்றம்

சில குறிப்பிட்ட என்சைம் வினைகளில் சிறிது நேரம் கழித்து வினையின் வேகம் குறைந்துவிடுகிறது. இத்தகைய சந்தர்ப்பங்களில் என்சைம், வினைபொருள்களால் நஞ்சூட்டப்படக்கூடும். எடுத்துக்காட்டாக லாக்டேசினால், லாக்டோசை நீரால் பகுப்பு செய்யும்போது, வினைபொருளான கலக்டோஸ், என்சைம் செயலை ஒடுக்குகிறது. வினையில் தோன்றும் வினைபொருளே, வினையின் வேகத்தைத் தடுக்கின்ற இச் செயல்கள் எதிரின தம்வினை வேகமாற்றம் எனப்படும்.

என்சைம்களின் முக்கியத்துவம்

என்சைம்கள் கூட்டுச் சேர்மங்களை எளிய சேர்மங்களாக மாற்றக் கூடியவை. அதேபோல எளிய சேர்மங்களிலிருந்து கூட்டுச் சேர்மங்களைத் தொகுக்கவும் கூடியவை. கொழுப்பு, கார்போ ஹைட்ரேட் ஆகியவை ஜீரண மண்டலத்தில் உள்ள என்சைம்களால் பிளக்கப்பட்டு எளிய பொருள்களாக்கப்படுகின்றன. செல்களிலும் திசுக்களிலும் உள்ள என்சைம்கள் அந்த எளிய பொருள்களை மீண்டும் கூட்டுச் சேர்மங்களாக்குகின்றன.

17. கதிரியக்கம்

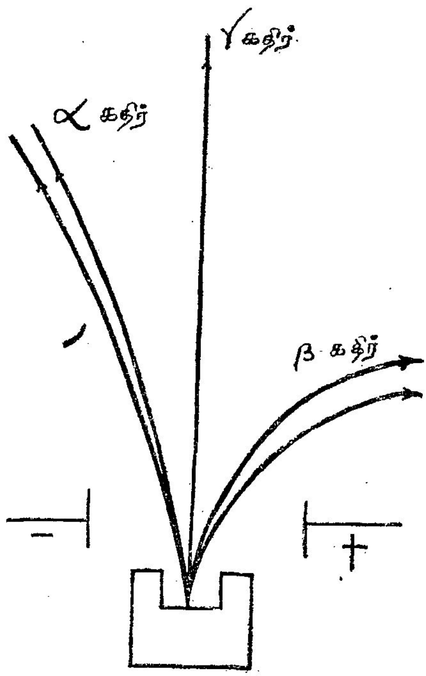
H. பெக்கரல் என்பார் யுரேனியச் சேர்மங்களிலிருந்து தாஞகவே கதிர்கள் வெளியாகின்றன எனக் கண்டுபிடித்தார். அக் கதிர்கள் நன்கு மூடப்பட்டிருந்த புகைபடத் தட்டுகளில்கூட கறை ஏற்படுத்தின. அக்கதிர்கள் காற்றில் அயனி ஆக்கத்தைத் தோற்றுவித்தன என்றும் அவர் கண்டார். 1898-ம் ஆண்டில் க்யூரி அம்மையார் தோரியம், யுரேனியம் உப்புகளும் கதிர்வீசு கின்றன எனக் கண்டார். யூரேனியத் தாதுவான பிச்பிளன்டி லிருந்து யுரேனியத்தைவிட அதிக அளவில் கதிர்வீச்சு வெளிப் படுகிறதென அவர்கண்டார். அவர் அதிலிருந்து ரேடியத்தைப் பிரித்தெடுத்தார். ஒரு மூலகம் தாஞகவே இவ்வாறு கதிர் வீசு வது கதிரியக்கம் எனப்படும்.

வெப்பநிலே, இரசாயன இணைப்பு போன்ற வெளிச் சூழ் நிலேகள் கதிரியக்கத்தைப் பாதிப்பதில்லே. கதிரியக்கப் பொருள் களின் சேர்மங்கள்கூட கதிர்வீசுகின்றன. கதிரியக்கத்திஞல் முதல் மூலகம் படிப்படையாகச் சிதைந்து வேறு மூலகங்களாக மாறுகிறது.

ரேடியத்திலிருந்து வரும் கதிர்களே ஆராய்ந்ததில் அவை ஒரு படித்தானவை அல்ல எனவும் வலுமிக்க மின், காந்தப் புலங்களிஞல் மூன்று வகையான கதிர்களாகப் பிரிக்க முடியும் எனவும் காணப்பட்டது. அவை ஆல்பா, பீட்டா, காமாக் கதிர்கள் எனப்படும். மூன்று கதிர்களும் புகைப்படத் தட்டைப் பாதிக்கின்றன. வாயுக்களே அயனியாக்கம் செய்கின்றன. நாக சல்பைடு போன்ற பொருள்களே ஒளிரச் செய்கின்றன. ஆஞல் மற்ற இயல்புகளில் வேறுபட்டிருக்கின்றன.

ஆல்பாக் கதிர்கள் நேர்மின்னூட்டப்பட்ட துகள்களால் ஆனவை. ஒவ்வொன்றும் 4 அணு எடையும், 2 நேரின மின்

னும் உள்ளவை. அவை 2×10^9 செ.மீ./விநாடி எனும் உயர் வேகத்துடன் இயங்கும். ஆனால் அவை மற்ற கதிர்களைவிட குறைந்த ஊடுருவும் வலுவுள்ளவை. 0·1 மி.மீ. தடிமனுள்ள அலுமினியத் தகடு அவற்றைத் தடுத்து நிறுத்திவிடும். ஒரு கிராம் ரேடியத்திலிருந்து விநாடிக்கு $3 \cdot 5 + 10^{10}$ ஆல்பாக் கதிர்



படம் 95

கள் வீதம் வெளிப்படுகின்றன. ரேடிய உப்பை மெல்லிய சுவருள்ள ஒரு கண்ணாடிக் குழாயிலிட்டு அதை ஒரு வெற்றிடமாக்கப் பட்ட குடுவைக்குள் வைத்தால், சிறிது நேரம் கழித்துக் குடுவையில் ஹீலியம் வாயு தென்படுகிறது. அதாவது ஆல்பாக் கதிர்கள் எலக்ட்ரான்களை இழந்த ஹீலியக் கருக்களாகும். எனவே அவற்றை He^{++} எனக் குறிக்கலாம்.

பீட்டாக் கதிர்கள் எதிர் மின்வாய் கதிர்களை ஒத்திருக்கின்றன. அவை உண்மையில் அதிவேகத்துடன் இயங்கும்

எலக்ட்ரான்களாகும். பீட்டாக் கதிர்கள் ஏறக்குறைய 3×10^{10} செ. மீ./விநாடி வேகத்துடன் செல்கின்றன. ஆனால் எதிர் மின்வாய்க் கதிர்களின் பெரும வேகம் $1 \cdot 5 \times 10^{10}$ செ. மீ./ விநாடியேயாகும். பீட்டாக் கதிர்கள் 3 மி. மீ. வரை தடிமனுள்ள அலுமினியத் தகடுகளை ஊடுருவிச் செல்லக் கூடியவை. ஆல்பாக் கதிர்களைவிட அவை தம் வேகம் காரணமாக அதிகமாக ஊடுருவக் கூடியவையானாலும், தம் சிறிய நிறை காரணமாக அவை எளிதில் திருப்பப்பட்டுவிடும்.

காமாக் கதிர்கள் காந்த, மின் புலங்களால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. அதாவது அவை மின்னூட்டமுள்ள துகள்களல்ல. எக்ஸ்கதிர்களைப் போல அவை சிறு அலைநீளமுள்ள மின்காந்த அலைகளாகும். அவை 30 செ. மீ. தடிமனுள்ள இரும்புத் தகடு வழியாகச் செல்லக்கூடியவை. பின்வரும் அட்டவணையில் இக்கதிர்களின் பண்புகள் தரப்பட்டுள்ளன.

	பண்புகள்	α கதிர்கள்	β கதிர்கள்	γ கதிர்கள்
I	நிறை	4	1/1840	—
II	மின்	+2	−1	0
III	ஊடுருவு திறன்	குறைவு	சுமார்	அதிகம்
IV	வேகம்	2×10^{9} செ. மீ./ விநாடி	3×10^{10} செ. மீ./ விநாடி	3×10^{10} செ. மீ./ விநாடி
V	அடையாளம்	H_2^{++}	e^-	மின்காந்த அலைகள்

கதிரியக்கச் சிதைவு

பெரும்பாலான கதிரியக்க மூலக்கூறுகள் காமாக்கதிர்களுடன் ஆல்பாத் துகளையோ பீட்டாத் துகளையோ வெளிவிடு

கின்றன. இவற்றுடன் ரேடியம், ரேடான் எனும் வாயுநிலை மூலகத்தையும் வெளிவிடுகிறது. ரேடான், விரைவாக ரேடியம் A எனும் திண்ம மூலமாக மாறிவிடும். இந்தக் கதிரியக்கச் சிதைவு பல கட்டங்களில் நிகழ்கிறது. இறுதியாக கதிரியக்கம் அற்ற ரேடியம் G எனும் மூலகம் உண்டாகிறது. அது காரீயத்தைப் போன்ற இரசாயனப் பண்புகள் உடையதாக இருக்கிறது. கதிரியக்கச் சிதைவு ஒரு இரசாயன மாற்றத்தைப் போன்றதே. ஆனால் வெப்பநிலை, அழுத்தம், செறிவு ஆகியவை அதைப் பாதிப்பதில்லை. அது தானாக நிகழ்கின்ற ஒரு மாற்றமாகும்.

ரூதர் போர்டு, சோடி (1902) ஆகியோரின் கதிரியக்கச் சிதைவுக் கொள்கை மேற்கண்ட விஷயங்களை விளக்குகிறது. அதன்படி ஒரு கதிரியக்க மூலகத்தின் அணுக்கரு தானாகவே சிதைந்து ஆல்பா அல்லது பீட்டாத் துகள்களையும் காமாக் கதிர்களையும் வெளிவிட்டு, ஒரு புது மூலகத்தின் கருவாக மாறிவிடுகிறது. இப்புது மூலகமும் நிலையற்றதாக இருந்தால் மீண்டும் சிதைந்து இன்னுமொரு மூலகம் தோன்றும். இவ்வாறு வரிசையாகச் சிதைவு ஏற்பட்டு கதிர்வீசலுடன் கூடிய மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன.

ஒவ்வொரு கதிரியக்க இனமும் குறிப்பிட்ட அரை ஆயுள் (half age) உள்ளவை. அரை ஆயுள் என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட நிறையுள்ள கதிரியக்கப் பொருள் சிதைந்து தனது நிறையைப் பாதியாகக் குறைத்துக் கொள்ள ஆகும் காலமாகும். அரை ஆயுள் என்பது துவக்கத்திலுள்ள பொருளின் நிறையைப் பொறுத்ததல்ல. அது ஒரு விநாடியின் பின்னத்திலிருந்து சில பில்லியன் ஆண்டுகள் வரையில் இருக்கலாம். ரேடியத்தின் அரை ஆயுள் $1 \cdot 5 \times 10^{-4}$ விநாடிகள். யுரேனியத்தின் அரை ஆயுள் $4 \cdot 51 \times 10^{9}$ ஆண்டுகள்.

கதிரியக்க வரிசைகள்

ரேடியம் என்பது யுரேனிய வரிசையில் இடைநிலையிலிருக்கின்ற மூலகமாகும். இயற்கையில் கிடைக்கும் கதிரியக்க மூலகங்களை யுரேனிய வரிசை, தோரிய வரிசை, ஆக்டினிய வரிசை எனப் பிரிக்கலாம். சமீபத்தில் நெப்டியூனியத்திலிருந்து துவங்கி பிஸ்மத்தில் முடியும் ஒரே வரிசை கண்டுபிடிக்கப்பட்

டிருக்கிறது. இவற்றின் விவரங்களைப் பின்வரும் அட்டவணையில் காணலாம்.

யுரேனிய வரிசை, தோரிய வரிசை, ஆக்டினிய வரிசை

யுரேனிய-ரேடியம் வரிசை

பெயர்	ஐசோடோப்	உமிழப்படும் துகள்	அரை ஆயுள்
யூரேனியம் I(U_1)	$_{92}U^{238}$	α	$4\cdot51\times01^{9}$y
யூரேனியம் X_1(UX_1)	$_{90}Th^{234}$	β	24·10d
யூரேனியம் X_2(UX_2)	$_{91}Pa^{234}$	β	1·75m
யூரேனியம் Z(UZ)	$_{91}Pa^{234}$	β	6·66h
யூரேனியம்II(U_{II})	$_{92}U^{234}$	α	$2\cdot48\times10^{5}$y
ஐயோனியம் (Io)	$_{90}Th^{230}$	α	$8\cdot0\times10^{4}$y
ரேடியம் (Ra)	$_{88}Ra^{226}$	α	1620y
ரேடான் (Rn)	$_{86}Rn^{222}$	α	3·825d
ரேடியம் A(RaA)	$_{84}Po^{218}$	α	3·05m
ரேடியம் B(RaB)	$_{82}Pb^{214}$	β	26·8m
ரேடியம் C(RaC)	$_{83}Bi^{214}$	β	2s
ரேடியம் C′(RaC′)	$_{84}Po^{214}$	α	$1\cdot637\times10^{-4}$s
ரேடியம் C(″RaC″)	$_{82}Tl^{210}$	β	1·32m
ரேடியம் D(RaD)	$_{82}Pb^{210}$	β	19y
ரேடியம் E(RaE)	$_{83}Bi^{210}$	β	5·00d
போலோனியம் (P_0)	$_{84}Tl^{210}$	α	138·4d
யூரேனியம் ஈயம் (RaG)	$_{82}Pb^{206}$	நிலையானது	

தோரியம் வரிசை

பெயர்	ஐசோடோப்	உமிழப்படும் துகள்	அரை ஆயுள்
தோரியம் (Th)	$_{90}Th^{232}$	α	$1 \cdot 39 \times 10^{10}$y
மெசோதோரியம் I($MsTh_1$)	$_{88}Ra^{228}$	β	6·7y
மெசோதோரியம் II($MsTh_2$)	$_{89}Ac^{228}$	β	6·13h
ரேடியோதோரியம் (RdTh)	$_{90}Th^{228}$	α	1·90y
தோரியம் X(ThX)	$_{88}Ra^{224}$	α	3·64d
தோரான் (Tn)	$_{86}$Tn or Rn^{220}	α	54·5s
தோரியம் A(ThA)	$_{84}Po^{216}$	α	0·158s
தோரியம் B(ThB)	$_{82}Pb^{212}$	β	10·6h
தோரியம் C(ThC)	$_{83}Bi^{212}$	β	60·5m
தோரியம் $C^1(ThC^1)$	$_{84}Po^{212}$	α	$3 \cdot 04 \times 10^{-7}$s
தோரியம் $C^{11}(ThC^{11})$	$_{81}Ti^{208}$	β	3·1m
தோரியம் ஈயம் (ThD)	$_{82}Pb^{208}$	நிலையானது	—

ஆக்டினிய வரிசை

பெயர்	ஐசோடோப்	உமிழப்படும் துகள்	அரை ஆயுள்
ஆக்டினியோயுரேனியம் (AcU)	$_{92}U^{235}$	α	$7 \cdot 13 \times 10^{8}$y
யூரேனியம் (YUY)	$_{90}Th^{231}$	β	25·64h
புரோட்ஆக்டினியம் (Pa)	$_{91}Pa^{231}$	α	$3 \cdot 43 \times 10^{4}$y
ஆக்டினியம் (Ac)	$_{89}Ac^{227}$	β	22y

பெயர்	ஐசோடோப்	உமிழப்படும் துகள்	அரைஆயுள்
ரேடியோஆக்டீனியம்(RdAc)	$_{90}Th^{227}$	α	18·2d
ஆக்டீனியம் X(AcX)	$_{88}Ra^{223}$	α	11·7d
ஆக்டீனியம் K(AcK)	$_{87}Fr^{223}$	$\alpha-\beta$	21m
ஆக்டீனன் (An)	$_{86}An$ or Rn^{219}	α	3·92s
ஆக்டீனியம் (AcA)	$_{84}Po^{215}$	α	$1{\cdot}83\times10^{-3}$s
ஆக்டீனியம் (AcB)	$_{82}Pb^{211}$	β	36·1m
ஆக்டீனியம் (AcC)	$_{83}Bi^{211}$	α	2·16m
ஆக்டீனியம் $C^1(AcC^1)$	$_{84}Po^{211}$	α	5·2s
ஆக்டீனியம் $C^{11}(AcC^{11})$	$_{81}Ti^{207}$	β	4·7m
ஆக்டீனியம் ஈயம் (AcD)	$_{82}Pb^{207}$	நிலையானது	

மூலகங்களின் கருமாற்றம் (Transmutation)

மலிவான காரீயம் போன்ற மூலகங்களை விலை உயர்ந்த தங்கமாக மாற்றுவது இரசவாதிகளின் கனவாக இருக்கிறது. 20ம் நூற்றுண்டுத் துவக்கம்வரை செயற்கை முறையில் கரு மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும் பிரச்சினை தீர்க்கப்படவில்லை. பெக்குரல் கதிரியக்கத்தைக் கண்டுபிடித்த பிறகு கருமாற்றம் ஊன்றி ஆராயப்பட்டு 1921ம் ஆண்டில் ருதர்போர்டு பிரபுவும், சாட்விக்கும், நைட்ரஜன் கருவை ஹைட்ரஜனுகவும், ஆக்ஸிஜன் ஐசடோப்பாகவும் மாற்றுவதில் வெற்றி பெற்றனர். ருதர்போர்டு பிரபுவும், சாட்விக்கும் ரேடானிலிருந்து வந்த சிதைவுக் கழிவுகளிலிருந்து வெளிப்படும் அதிவேக ஆல்பாதுகள்களை ஏறிகணைகளாகப் பயன்படுத்தி நைட்ரஜன் அணுவைப் பிளந்தனர். அக்கரு மாற்றத்தைப் பின்வருமாறு காட்டலாம்.

$$7N^{14} + 2He^4 \rightarrow {}_1H^1 + 6O^{17}$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டின்படி 14 நிறையுள்ள ஒரு நைட்ரஜன் அணு ஒரு ஹீலியம் அணுவுடன் இணைந்து ஒரு ஹைட்ரஜன்

அணுவும் 17 நிறையுள்ள ஆக்ஸிஜன் ஐசடோப்பும் தோன்று கின்றன. இரு நேரின மின்களுள்ள ஆல்பாத் துகள்கள் சுற்றி யுள்ள எலக்ட்ரான்களை வரைந்து கைப்பற்றி ஹீலிய அணுக் களாகிவிடும். இடதுபுறத்தில் நிறை எண்களின் தொகையும் $(14 + 4)$ வலது புறத்திலுள்ள நிறை எண்களின் தொகையும் $(17 + 1)$ சமம். அதேபோல இருபுறங்களிலும் கரு மின்னூட்டம் 9 ஆக இருக்கின்றது.

டியூட்ரான், நியூட்ரான் போன்ற துகள்களையும் பயன் படுத்திக் கருமாற்றம் செய்யலாம். நியூட்ரான்கள் மின்னூட்ட மற்றவை ஆதலால் அவை கருவைச் சுற்றியுள்ள எலக்ட்ரான் கள், அணுக்கரு ஆகியவற்றின் மின்புலத்தினுல் பாதிக்கப்படுவ தில்லை. அவை எளிதாகக் கருவைத் துளைத்துச் செல்கின்றன. இத்தகைய துகள்களை பெருவேகமும், உயர்ந்த இயக்க ஆற்ற லும் உள்ளவையாக ஆக்குவதற்கு சைக்ளோட்ரான் எனும் கருவி பயன்படுகிறது.

ஐசடோப்புகள்

பல கதிரியக்க மூலகங்கள் வெவ்வேறு அணு எடைகளும், கதிரியக்க இயல்புகளும் உள்ளவையாக இருந்தாலும் ஒரேவித மான இரசாயன இயல்புள்ளவையாக இருக்கின்றன. இவ்வாறு ரேடியம் A, ரேடியம் C^1, ரேடியம் F ஆகியவை வெவ்வேறு அணு எடை உள்ளவையாயினும் 84 எனும் ஒரே அணு எண் ணுள்ளவை. ஆகவே அவற்றை இரசாயன முறையில் பிரித்து அறியமுடியாது. அவை தனிம வரிசை அட்டவணையில் ஒரே இடத்தில் அமைந்திருக்கும். அதேபோல ரேடியம் B, ரேடியம் D, ரேடியம் G ஆகியவையும் 82 எனும் ஒரே அணு எண்ணும் வெவ்வேருன அணு எடைகளும் கொண்டவை. இவ்வாறு ஒரே அணு எண்ணுள்ளவையாக தனிம வரிசை அட்டவணை யில், ஒரே இடத்தில் அமைந்துள்ள மூலகங்கள் ஐசடோப்புகள் எனப்படும். அவை ஒரே விதமான இரசாயனப் பண்புகள் உள்ளவையாயிருக்கும்.

கதிரியக்க ஐசடோப்புகள் உருவாவதை குழு இடப் பெயர்ச்சி விதியினுல் (Group Displacement Law) விளக்கலாம். பாஜன்ஸ், ரஸ்ஸல், சோடி ஆகியோர் இதை உருவாக்கினுர் கள். அது கூறுவதாவது: ''ஒரு பொருள் ஒரு ஆல்பாத் துகளை உமிழ்ந்தால் விளைபொருள் தனிம வரிசையில் தாய்ப்பொருளுக்கு இடது புறத்தில் இரு இடங்கள் தள்ளியும், ஒரு பீட்டாத் துகளை

உமிழ்ந்தால் விளைபொருள் தாய்ப்பொருளுக்கு வலது புறத்தில் ஒரு இடம் தள்ளியும் அமையும்.''

மூலகம் ஒரு ஆல்பாத் துகளையும், இரு பீட்டாத் துகள்களையும் அடுத்தடுத்து உமிழ்ந்தால் விளைபொருள் தாய்ப் பொருளுக்குச் சமமான அணு எண்ணுள்ளதாக ஆகி அதன் ஐசடோப்பாகும். எடுத்துக்காட்டாக

$$84\ RaA^{218} \xrightarrow{\alpha} 82\ RaB^{214} \xrightarrow{\beta} 83\ RaC^{214} \xrightarrow{\beta} 84\ RaC^{1\,214}$$

ரேடியம் A, ரேடியம் C^1 ஆகியவை ஒரே அணு எண் (8A) உள்ளவை. தனிம வரிசையில் ஒரே இடத்திலிருக்கும். அவை ஐசடோப்புகளாகும்.

ஆல்பா, பீட்டாத் துகள்கள் உமிழப்படுவதால் அணுக் கருவிலேற்படும் மாற்றங்களைக் கவனிப்போம். ஆல்பாத் துகள் ஹீலியக் கருவாகும். அதில் இரண்டு புரோட்டான்களும், 2 நியூட்ரான்களும் உள்ளன. பொருள் ஒரு ஆல்பாத் துகளை உமிழ்கையில் அது 2 புரோட்டான்களையும், 2 நியூட்ரான்களையும் இழக்கிறது. அதனால் அணு எண் 2 அலகுகள் குறையவும், அணு எடை 4 அலகுகள் குறையவும் செய்கிறது. ஒரு பீட்டாத் துகள் உமிழப்படுவது ஒரு நியூட்ரானை புரோட்டானாகவும், எலக்ட்ரானாகவும் மாற்றுகிறது. எலக்ட்ரான் வெளியேறி புரோட்டான் கருவிலேயே தங்கிவிடும். அதாவது பீட்டாக் கதிர் உமிழப்படுகையில் அணு எண் ஒன்றாக அதிகரிக்கிறது. ஆனால் அணு எடை மாறுவதில்லை. ஒரு மூலகம் ஒரு ஆல்பாத் துகளையும் இரு பீட்டாத் துகள்களையும் அடுத்தடுத்து உமிழும் போது மொத்தத்தில் அணுக் கருவிலிருந்து 4 நியூட்ரான்கள் இழக்கப்படுகின்றன.

துகள்	ரேடியம் A	ரேடியம் B	ரேடியம் C	ரேடியம் C'
புரோட்டான்	84	82	83	84
நியூட்ரான்	134	132	131	130

ரேடியம் A, ரேடியம் C^1 ஆகியவற்றின் கருக்களில் ஒரே எண்ணிக்கையுள்ள புரோட்டான்களும் வெவ்வேறு எண்ணிக்கையுள்ள நியூட்ரான்களும் உள்ளன. இவ்வாறு

ஐசடோப்புகளில் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை சமமாக வும், நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை வேறுபட்டும் இருக்கும். அதன் விளைவாக அவற்றின் அணு எடை வேறுபட்டும் அணு எண் சமமாகவுமிருக்கும்.

ஐசடோப்புகளின் அணு எண் சமமாதலால் அவற்றின் கருக்களைச் சுற்றியுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை சம மாகவும் அவை ஒரே மாதிரியாக அமைந்துமிருக்கும். இதனால் அவற்றின் ரசாயனப் பண்புகள் ஒன்றாக இருக்கும். ஆனால் அணுக் கருக்களைப் பொறுத்த கதிரியக்கப் பண்புகள் வேறு படும்.

கதிரியக்கமில்லாத ஐசோடோப்புகள்

யுரேனியம், தோரியம், ஆக்டினியம், வரிசைகளின் இறுதி யில் கிடைக்கின்ற நிலையான தனிமம், 82 எனும் அணு எண் ணுள்ளது. அது காரீயத்தின் இடத்திலிருக்கிறது. ஆனால் அவற்றின் அணு எடைகள் முறையே 206, 208, 207 ஆகும். சாதாரணக் காரீயத்தின் அணு எடை 207·2 யுரேனியக் கனி மங்களிலிருந்து பெறப்படும் காரீயம் 206·1 எனும் அணு எடை யும், தோரியக் கனிமங்களிலிருந்து பெறப்படும் காரீயம் 207·9 அணு எடையும் உள்ளதாகத் துல்லியமான சோதனைகள் காட்டுகின்றன. இதிலிருந்து கதிரியக்கமில்லாத காரீயம் போன்ற தனிமங்களுக்கும் ஐசோடாப்புகள் இருக்கலாம் எனத் தெரிகின்றது. மின்னிறக்கக் குழாய்களிலுள்ள நேரினக்கதிர் களை (Positive Rays) ஆராய்ந்ததில் இது உறுதிப்பட்டுள்ளது. 1921ம் ஆண்டில் பல தனிமங்கள் ஐசடோப்புகள் உடையவை என நிறுவப்பட்டது. சுமார் 20 தனிமங்களே ஐசேடாப்புகள் இல்லாதவையாக இருக்கின்றன.

ஐசடோப்புகளைப் பிரித்தல்

பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடின் நீர்க்கரைசலை மின் பகுத்தால் ஹைட்ரஜனின் லேசான ஐசடோப் வெளியேறி கன மான டியூட்ரியம் ஐசடோப் கரைசலில் தங்கிவிடுகிறது. இது மின்பகுத்தல் முறையாகும்.

ஒரு வாயுக் கலவையை வேகமாகச் சுழற்றினால் மூலக்கூறு களின்மேல் செயல்படும் மையவிலக்கு விசை அவற்றின் நிறைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். எனவே வாயு நிலையிலுள்ள ஒரு ஐசடோப் கலவையை விரைந்து சுழலும் ஒரு உருளையில் செலுத்தினால், கனமான ஐசடோப்கள் குழாய்ச் சுவர்களை

ஒட்டிச்சேரும். லேசான ஐசடோப்புகள் குழாயின் அச்சினருகில் கூடும். இவ்வாறு அவற்றை ஓரளவு பிரிக்கலாம்.

லேசான ஐசடோப்பின் மூலக்கூறுகள் வெப்பநிலை அதிக மாக உள்ள பகுதிகளில் கூடுகின்றன. கனமான மூலக்கூறுகள் குளிர்ந்த பகுதிகளில் சேருகின்றன. ஒரு பாத்திரத்தின் இரு முனைகளிலும் வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளை ஏற்படுத்தினால் வெப்பப் பரவல் (Thermal Diffusion) ஏற்பட்டு வாயுநிலையி லுள்ள ஐசடோப்புகள் பிரிகின்றன. வெப்பச்சலன விளைவை யும் பயன்படுத்தி இம்முறைகள் செம்மைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

மருத்துவத்தில் ஐசடோப்புகளின் பயன்கள்

மருத்துவத்தில் ஐசடோப்புகள் இனம் காணும் கருவி களாகப் பயன்படுகின்றன. சிகிச்சையிலும் அவற்றின் பங்கு மகத்தானது. ஒரு கதிரியக்க ஐசடோப் அல்லது கதிரியக்க முள்ள சேர்மம் செல்கின்ற பாதையை கெய்கர் முல்லர் கருவி யினால் கண்டுபிடித்துப் பின் தொடரலாம். அவற்றின் கதிரி யக்கம் அவற்றின் இடத்தைக் காட்டிக்கொடுத்து விடுகிறது. இத்தகைய ஐசடோப்புகளை குறியிடப்பட்டவை (labelled) எனவும் தடங்காட்டி (Tracar) எனவும் கூறப்படும்.

இரத்த ஓட்டம் தடங்கள் படுவதைக் கண்டுபிடிக்க கதிரியக்க சோடிய ஐசடோப் (Na^{24}) பயன்படுகிறது. கதிரியக்கமுள்ள சோடியம் குளோரைடை முன்கையில் ரத்தக்குழாயினுள் சிறிதளவு செலுத்தப்படும். இரத்த ஓட்டம் தடங்கலின்றி இருந்தால் ஐசடோப் விரைந்து உடலின் பல பகுதிகளுக்கும் சென்றுவிட்டு சிறிது நேரத்தில் கெயசர் முல்லர் கருவியினுதவியினால் காலில் கண்டுபிடிக்கப்படும். ஒரு மணி நேரத்திற்குள் பெரும அளவு கதிரியக்கம் கண்டுபிடிக்கப்படும் அதற்கு மாறாக கதிரியக்கம் மிக மெதுவாக உயர்ந்தால் இரத்த ஓட்டம் தடுக்கப்படுகிறது எனப்பொருளாகும். கெய்கர் முல்லர் கருவியை உடலின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் நகர்த்தி இரத்தம் தடுக்கப்படும் இடத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

கதிரியக்க அயோடின் (I^{131}) இனங்காணவும் சிகிச்சைக் கும் பயன்படுகிறது. தைராய்டு சுரப்பி இரத்தத்திலிருந்து அயோடினை உட்கவர்ந்து தைராக்கினாக ($C_{15}H_{11}O_4NI_4$) மாற்று கிறது. இப்பொருள் உடல் திசுக்களின் ஆக்சிஜனேற்ற விதத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. ஹைப்பர் தைராய்டிசம் எனும்

நிலையில் தைராய்டு சுரப்பி அதிக அளவில் செயல்பட்டு உபரியான தைராக்சின் தோன்றுகிறது. அதனால் நச்சு விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன. (I^{131}) அடங்கிய சோடியம் அயோடை வாய் மூலம்செலுத்தினால் அது தைராய்டில் விரைந்து சேர்வதைக் காணலாம். இதிலிருந்து ஹைப்பர் தைராய்டிசம் கண்டுபிடிக்கப் படும். மேலும் (I^{131}) தைராய்டு சுரப்பிகளில் திசுக்களைச் சிறிது சிதைந்து விடும் அதனால் சுரப்பியின் இயக்கம் சாதாரண அளவிற்குக் குறைக்கப்பட்டு அதிகமாக தைராக்சின் தோன்றுவதும் தடுக்கப்படும். ஆனால் இந்தப் பொருளை அதிக அளவில் உட்கொண்டால் உடலின் மற்ற திசுக்கள் பாதிக்கப்படும்.

இரத்த சிவப்பு, வெள்ளை அணுக்கள் எலும்பு. மஞ்ஞை யில் (Marrow) தோன்றுகின்றன. சிவப்பு அணுக்கள் அதிகமாகத் தோன்றினால் பாலிசிதேமியா வீரா எனும் நோய் தோன்றும். P^{32} எனும் பரஸ்வர ஐசடோப்பை உட்கொண்டு இதைச்சற்று குறைக்கலாம். எலும்பு மஞ்ஞை பாஸ்வரத்தை விரும்பி உட்கவருவதால் அதில் P^{32} சேர்ந்து உபரியாக சிவப் பணுக்கள் தோன்றுவதைத் தடுக்கிறது.

ரேடியம் கான்சரைத்தடுப்பதில் பயன்படுகிறது. நோயுற்ற திசுக்கள் கரமாகக் கதிர்களால் அழிக்கப்பட்டு அவற்றின் வளர்ச்சி தடைப்படுகிறது. ரேடியத்திற்குப் பதிலாக கோபால்ட் $(CO)^{60}$ ஐசடோப்புகளைப் பயன்படுத்தி இக்கதிர் களின் பாதமான விளைவுகள் குறைக்கப்படுகின்றன.

கதிர்வீச்சுகளின் உயிரியல் விளைவுகள்

கதிரியக்கக் கதிர்கள் தமது அயனியாக்கும் இயல்பினால் பொருள்களைப் பாதிக்கின்றன. கதிர்வீச்சு ஒரு உயிரியில் மூன்று வகையான விளைவுகளை ஏற்படுத்தக் கூடும். அவை யாவன.

(i) கதிர்வீச்சு ஒரு மூலக்கூறின் மேல்பட்டு அதைச் சேதப்படுத்திவிடலாம்.

(ii) ஒரு பகுதியில் ஏராளமான வெப்பத்தைத் தோற்று வித்து சேதத்தை ஏற்படுத்தலாம்

(iii) ஒரு பொருள் கரைந்தோ தொங்கு நிலையிலோ இருக் கும் ஒரு கரைசலின் வழியாகச் செல்லும் பேது, கரைப்பானை அயனியாக்கம் செய்து கதிரியக்க விளை பொருள்களைத் தோற்று

விப்பதால் கரைசல்கள் இரசாயன முறையில் பாதிக்கப் படலாம்.

இலக்குக் கொள்கைகள் (Target Theory)

கதிர் வீச்சுக்குட்பட்ட விலங்குகளின் வாரிசுகளின் பரம் பரைப் பண்புகள் மாற்றப்படுகின்றன. குரோமோ சோம்கள் அல்லது ஒருவேளை குறிப்பிட்ட ஜீன்கள் சிலகுறிப்பிட்ட வகை களில் சேதப்பட்டிருப்பதாகப் புலப்படுகிறது. மூலக்கூறு நேரடியாகத் தாக்கப்பட்டாலன்றி இத்தகைய சேதம் விளை யாது. மற்றவகைகளில் ஒரு பகுதியில் நிகழ்ந்த அயனியாக் கத்தின் விளைவுகள் அண்மையிலுள்ள மூலக்கூறுகளைப் பாதிக் கலாம். இவ்வாறு தாக்கப்பட்ட மூலக்கூறு அல்லது பகுதி இலக்கு எனப்படும். அதைப் பாதிக்கின்ற அயனியாக்கச் செயல் தாக்கு (Hit) எனப்படும். கதிர்வீச்சின் அளவு, தன்மை, பரம்பரைப் பண்பில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களின் எண்ணிக்கை, தன்மை ஆகியவற்றிலிருந்து உணர் பரப்புகளின் (Sensitive Areas) அளவைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இலக்குக் கொள்கை சில குறிப்பிட்ட வகை கதிர்வீச்சுச் சேதங் களுக்கு மட்டுமே பொருந்துகிறது.

சூட்டுப்புள்ளிக் கொள்கை (Point Heat Theory)

திசுக்களில் உட்கவரப்படும் எல்லாக் கதிர்களும் வெப்பமாக மாறுகின்றன. சிறிய பரப்பில் இவ்வாறு ஏற்படும் வெப்பநிலை உயர்வு அசாதரணமான ரசாயன மாற்றங்களைத் தோற்றுவிக்க வும் மூலக்கூறுகளைப் பிளக்கவும், புரதங்களைத் திரியச் செய்யவும் கூடும்.

ரசாயனக் கொள்கை (Chemical Theory)

திசுக்களில் கரைபொருள்களைவிட நீர் அதிக அளவிலிருக் கிறது. கதிர்வீச்சு நீரை அயனியாக்கம் செய்யும்போது அது உடனடியாக அயனிப்பிரிகை அடைந்துவிடும். இதில் ஒரு எலக்ட்ரான் விடுவிக்கப்பட்டு மற்ற நீர் மூலக் கூறுகளுடன் சேர்ந்து தனி ஹைட்ரஜனை வெளிப்படுத்தும். இந்தத் தனி ஹைட்ரஜன் மிகுந்த கிளர்வுள்ளது. அது கரைபொருள் மூலக் கூறுகளைத் தாக்கக்கூடும். நீர் கிளர்வுறும்போது $2\,H_2O \longrightarrow H_2 + H_2O_2$ என்ற சமன்பாட்டின்படி ஹைட்ரஜனும் ஹைரஜன் பெராக்சைடும் தோன்றிப் பல ரசாயன மாற்றங்கள் ஏற்படலாம். இவற்ருல் உடலில் சேதம் ஏற்படும்.

பெரிய விலங்குகள் கதிரியக்கத்தினுல் பாதிக்கப்படுவது கதிர்வீச்சின் கடுமையையும் கதிர்வீச்சுபட்ட நேரத்தையும் பொறுத்திருக்கிறது. மேலும் அது கதிர்வீச்சின் தன்மையையும், கதிர்வீச்சு ஒரே அளளில் பாய்ச்சப்பட்டதா அல்லது சிறுசிறு அளவுகளில் செலுத்தப்பட்டதா என்பதையும் பொறுத்திருக் கிறது. திசுக்களில் ஆல்பா கதிர் பீட்டாக் கதிரைவிட 1000 மடங்கு அதிகமாக அயனியாக்கம் செய்கிறது. ஆல்பாக்கதிரை விட பீட்டாக் கதிர் அதிகமாக ஊடுருவக் கூடியது. இவை யிரண்டையும்விட அதிகமாக காமாக் கதிர் ஊடுருவும். வெவ் வேறு கதிர்கள் எந்த அளவில் உடலைச் சேதப்படுத்கேின்றன என்பதை இதுவரை துல்லியமாக நிர்ணயம் செய்ய முடிய வில்லை. ஆனுலும் சில பொதுவான விளைவுகள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன.

சிறிது நேரத்திற்கு மட்டுமே கதிர்வீச்சுக்களான விலங்கு களின் உடலில் சேதம் ஏற்பட்டாலும் கதிர்வீச்சு நின்ற பிறகு சிறிது சீரமைப்பு ஏற்படும். எனவே உடல் ஒரே சமயத்தில் பெருமளவிற்குக் கதிர்வீச்சுக்கு உட்படும் போதுள்ளதைவிட, சிறிதுசிறிதாகத் தாக்கப்படும்போது அதிக அளவில் கதிரியக் கத்தைத் தாங்கவல்லதாயிருக்கிறது.

கதிர்வீச்சின் அளவு ராண்ட்ஜன் எனும் அலகால் அளக்கப் படுகிறது. 0°C யில் 760 பாதரச மி.மீ அழுத்தத்திலுள்ள 1 கன செ.மீ பருமமும் 0·001293 கிராம் நிறையுமுள்ள காற்றில் ஒரு நிலைமின் அலகு (*esu*) மின்னூட்டமுள்ள எதிரின அல்லது நேரின அயனிகளைத் தோற்றுவிக்கக் காரணமாயிருக்கும் கதிர்வீச்சின் அளவு ஒரு ராண்ட்ஜன் ஆகும்.

கதிர்வீச்சின் அளவைப் பொறுத்தும் உடலில் சேதம் ஏற் படுத்துகிறது. 25 க்குக் குறைந்த ராண்ட்ஜன் அளவுள்ள எக்ஸ் கதிர்கள் புலப்படத்தக்க விளைவுகளை ஏற்படுத்துவதில்லை. 50 ராண்ட்ஜனுக்குமேல் இரத்தம் பாதிக்கப்படுகிறது. 100 ரர்ண்ட் ஜனுக்கு வாந்தியும் களைப்பும் தோன்றும். 200 ராண்ட்ஜனுக்கு இரண்டிலிருந்து ஆறு வாரங்களுக்குள் மரணம் ஏற்படும். இதற்குத் தப்பினுல் கடுமையான பின்விளைவுகள் ஏற்படும். 400 ராண்ட்ஜனுக்கு மேல் மனிதன் செயலற்றுப்போய் மரண மடைகிருன்.

மார்பும் வயிறும் கதிர்வீச்சினுல் அதிகமாகப் பாதிக்கப்படு கின்றன. தலை, கால், கை ஆகிய உறுப்புகள் அவ்வளவாகப்

பாதிக்கப்படுவதில்லை- 1000 ராண்ட்ஜனுக்கு மேல் அளவுள்ள கதிர்வீச்வீச்சுப்பட்டால் இதயம் பாதிக்கப்பட்டு அதிர்ச்சியும் மரணமும் ஏற்படுகின்றன. கதிர்வீச்சு செல்களைப் பாதித்து அவற்றின் சுவர்களைச் சிதைக்கிறது. கருக்களும் குரோமோசோங்களும் அழிக்கப்படுகின்றன. வளர்ச்சி, இனப்பெருக்கம், வளர்சிதை மாற்றம், சுரப்பி இயக்கம் ஆகியவை பழுதடைகின்றன. கர்ப்பத்திலுள்ள செல்களும் வளரும் நிலையிலுள்ள செல்களும் அதிகமாகப் பாதிக்கப்படுகின்றன. இரத்த வெள்ளை அணுக்கள் தோன்றுவது பாதிக்கப்பட்டு வளராத அணுக்கள் தோன்றுகின்றன- இது லூாகாபீனியா எனும் நிலைமையை ஏற்படுத்துகிறது. சிவப்பு அணுக்கள் சிறிதளவே பாதிக்கப்படுகின்றன. கதிர்வீச்சுக்குட்பட்ட விலங்குகளின் இரக்கம் எளிதில் உறைவதில்லை. இது இரத்தப் பெருக்குக்குக் காரணமாகிறது.

இனப் பெருக்கத்தையும் கதிரியக்கம் பாதிக்கிறது. ஜீன்களையும், குரோமேசோம்களையும் தாக்கி அவற்றை திடீர் மாற்றம் (Mutation) செய்கிறது. ஜீன்களின் அமைப்பை மாற்றி விடுகிறது. குரோமோசோம்களைப் பிளிந்துவிடுகிறது. இதனால் சந்ததிகள் பெற்றோரிலிருந்து மாறுபட்டுப் பிறக்கின்றன. பெருமளவு கதிரியக்கத்திற்கு ஆளானால் விலங்குகள் மலட்டுத்தன்மை பெறுகின்றன. கருவிலிருக்கும் சிசு மிகுத்த கதிர்வீச்சுக்களானல் கருச்சிதைவு ஏற்படும். சில சமயங்களில் விபரீத உருவுள்ள குழந்தைகள் பிறக்கும்.

கதிர்வீச்சுக்களாகும் பகுதிகளில் கான்சர் தோன்றுகிறது. உடலில் லிம்போமா, விந்துக் குழாய்க் கட்டிகள் நுரையீரல் அடினுமா ஆகியவை தோன்றும். லூகேமியா எக்ஸ் கதிர்களைக் கையாளுபவர்களுக்கு பெரும்பாலும் தோன்றுகிறது. தோலில் கான்சர் ஏற்படுகிறது. வைரஸ்கள் செயலற்றதாக்கப்படுகின்றன. பாக்டீரியா கொல்லப்படுகின்றன.

18. விசைகள்

புவியீர்ப்பு விசை போன்ற G விசைகளுக்குட்பட்ட திசுக்கள் எவ்விதம் பாதிக்கப்படுகின்றன என்பதை இப்போது பார்ப்போம். இத்தகைய விசைகள் செயல்படும் புலத்தில் உடலில் எந்த ஒரு பகுதியையும் தாக்கும் விசை அப்பகுதியின் நிறைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். அதை பூமியின் ஈர்ப்புப் புலத்தில் உணர முடியும். சென்ட்ரிபியூஜ் எனும் சுழல் கருவியைப் பயன் படுத்தியும் இதை செயற்கையாகத் தோற்றுவிக்கலாம்.

சாதரணமாக G விசைகள் சென்ட்ரிபிஜ்யூகளினுல் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. M நிறையுள்ள ஒரு நிறைப்புள்ளி சுழல் அச்சிலிருந்து 'r' தொலைவில் இருக்கட்டும். கருவி 'w' ரேடியன்கள்/விஞடி எனும் வேகத்துடன் சுழ்வதாகக் கொள்வோம். பொருள் சுழல் அச்சிலிருந்து 'r' தொலைவிலேயே நீடித்திருக்கவேண்டுமாளுல் கருவி M எனும் பொருளின் மீதி அச்சை நோக்கிய திசையில் F எனும் விசையைச் செலுத்த வேண்டும்.

$F = Mw^2r$ எனக்காட்டலாம் (1)

இந்த விசைபொருளை வட்டபாதையில் இருக்கச் செய்வதற்காக அதன் சடத்துவத்தைச் சமாளிக்கத் தேவைப்படுகின்ற மையநோக்கு விசையாகும். சுழற்சியின் போது சுழல் நேரம் 'T' எனில்

$$F = \frac{4\pi^2 Mr}{T^2} \qquad (2)$$

ஏனெனில் $w = 2\pi/T$ (3)

நியூட்டனின் இரண்டாவது விதிப்படி $F = Ma$ (4) 'a' எனும் முடுக்கம் w^2rக்குச் சமம். அது G-புலத்தின் வலு எனப்படுகிறது.

அல்ட்ரா செண்ட்ரிபியூஜ் (Utra centrifuge)

இப்போது காணப்பட்ட சமன்பாடுகள் அல்ட்ரா செண்ட்ரி பியூஜ் எனும் கருவியில் பயன்படுகின்றன. ஸ்வெட்பர்க், பூடர்சன் ஆகியோர் இத்தகைய கருவியை உருவாக்கி திசுச் செல்களில் காணப்படுகிற புரத மூலக்கூறுகளின் மூலக்கூறு எடைகளை நிர்ணயித்தார்கள்.

ஒவ்வொரு புரதமூலக் கூறும் N வளையங்களைக் கொண்ட தொடர் என்போம். ஒவ்வொரு வளையமும் ϕ பருமமும், ρ_p அடர்த்தியும் உள்ளது. மூலக்கூறில் மேல் உள்ள G விசை

$$F_s = N\phi\ (P_p\text{-}P)\ w^2r \tag{5}$$

இங்கு P ஊடகத்தின் அடர்த்தியாகும்.

$N\phi P_p$ என்பது புரத மூலக்கூறுகளின் எடையாகையால்

$$F_s = M\ (1\text{-}P/P_p)\ w^2r \tag{6}$$

இந்த விசை மூலக்கூறுகளை புலம் குறைந்த பகுதிகளை நோக்கி $\frac{dr}{dt}$ என்ற சீரான வேகத்துடன் தள்ளுகிறது. இந்த மூலக்கூறு இயக்கத்தைத் தடுக்கின்ற விசை FR, dr/dtக்கும், ஊடக்கத்தின் பாகுநிலை எண்ணுக்கும் நேர்விகிதத்திலிருக்கும். பாகுநிலை விளைவை f எனும் ஏதோ ஒரு மாறிலியால் குறித்தோமானல்

$$F_R = f\left(\frac{dr}{dt}\right) \tag{7}$$

G விசை இல்லாத போது ஊடகத்தின் வழியாகப் புரத மூலக்கூறுகள் விரவுகின்ற வீதத்தைக் கண்டுபிடித்து 'f'ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

விரவல் மாறிலி 'D' எனில் $f = \frac{RT}{D}$ (8)

இங்கு 'R' என்பது வாயுமாறிலி, 'T' தனி வெப்பநிலை.

நடைமுறையில் D முதலில் அளக்கப்படும். அங்கு G புலத்தில் இடப்பெயர்ச்சி வேகம் $\frac{dr}{dt}$ யைக் கண்டுபிடித்துக்

கொண்டு வண்டல் மாறி (Sedimentation Constant)

$$S = \frac{dr}{dt} \Big/ w^2 r \qquad (9)$$

எனும் அளவு கணக்கிடப்படும்.

(7) (8) ஆகிய சமன்பாடுகளிலிருந்து

$$F_R = \frac{RT}{D} \cdot \frac{dr}{dt} \qquad (10)$$

முற்றுத்திசை வேகத்தில் FR = FS

$$\text{எனவே } M\left(1-\frac{P}{P_p}\right)w^2 r \quad \frac{RT}{M} \quad \frac{dr}{dt}$$

$$M = \frac{RT}{D\left(1-\frac{P}{Pp}\right)} \times \frac{dr/dt}{w^2 r}$$

$$= RTS \Big/ D\left(1-\frac{P}{P_p}\right) \qquad (11)$$

நடைமுறையில் G விசைகள் செலுத்தப்பட்டு 't' வினாடிகள் கழித்து வண்டல் வரம்பு அமைந்துள்ள நிலை X-ஐக் கண்டு பிடித்து Sன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டுவிடலாம்.

X மாறும் போது r-ஐப் பொறுத்த G புலமும் மாறுவது வெளிப்படை. ஒரு செண்ட்ரிபியூஜில் logr, நேரம் t இவற்றிற்கிடையில் வரையப்படும் வரைபடம் நேர்கோடாக இருக்கும் எனக்காட்டலாம். இக்கோட்டின் சரிவு $\frac{d\,(\log r)}{dt} = w^2 S$ எனவே செய்கையில் குறிப்பிட்ட நேர இடைவெளிகளில் வண்டலிருக்கும் தொலைவுகளைப் (α) பதிவு செய்து கொண்டு S,M ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடித்துவிடலாம்.

வண்டல் வரம்புகளைக் கண்டுபிடிக்கப் பல முறைகள் பயன்படுகின்றன. புரதங்கள் புற ஊதாக்கதிர்களை உட்கவர்தல், வரம்புகளில் ஒளிவிலகல் எண் மாறுபடுதல் போன்ற பௌதிக இயல்புகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வெப்பநிலை 20°C யிலிருந்து வேறுபட்டிருப்பதாலும் தொங்கல் ஊடகம் நீரைத் தவிர வேறு பொருளாயிருந்தாலும் 'S'ன் மதிப்பிற்குத் தக்க திருத்தங்கள் சேர்க்கப்படும்

8ம் சமன்பாட்டிலுள்ள உராய்வுக் குணகம் '*f*' துகள்களின் உருவம் மாறும்போது மாறுகிறது. உருவத்திற்குப் '*f*'க்கும் இடையிலான உறவுகளை 'பிக்கல்ஸ்' (Pickels) கண்டுபிடித்துள்ளார். இவற்றிலிருந்து புரத மூலக்கூறுகளின் உருவங்கள் நிர்ணயிக்கப்படுவதை அவர் விளக்கியிருக்கிறார். சென்ட்ரி பியூஜ் அளவுகளிலிருந்து கோள வடிவுள்ள மூலக்கூறுகளின் விட்டத்தைக் கண்டு பிடுக்கலாம்.

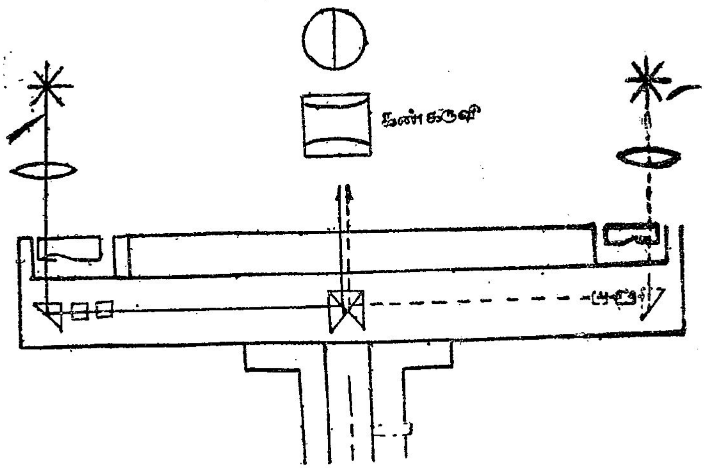
அல்ட்ரா சென்ட்ரிபியூஜ் கருவியமைப்பு

அல்ட்ரா சேன்ட்ரிபியூஜ்கள் எண்ணெ, காற்று, மின்சாரம். ஆகியவற்றினல் இயக்கப்படுகின்றன. சாதாரண அல்ட்ரா சென்ட்ரிபியூஜ்கள் நிமிடத்திற்கு 70,000 வரை சுழலக் கூடியவை. 10 செ.மீ. விட்டமுள்ள சுழல் புயத்தையுடைய கருவியில் புவியீர்ப்பு விசையைப் போல 20,0000—300000 மடங்கு உள்ள G-புலங்கள் தோன்றுகின்றன. புயங்கள் சுழலும்போது உராய்வைக் குறைப்பது அவசியம். ஏனெனில் உராய்வினல் ஏற்படும் வெப்பம் G புலத்தின் விளைவை மறைத்துவிடும். மேலும் உராய்வைக் குறைப்பதால் சிறிது, கைக்கடக்கமானவையும், விரும்பிய வேகத்தில் சுழற்றப்படக் கூடிய சுழல் மோட்டார்களை அமைக்க முடிகிறது. காற்று உராய்வைத் தவிர்க்கக் கருவியை ஒரு வெற்றிடமாக்கப்ப பெட்டிக்குள் வைக்கப்படும். உராய்வைக் குறைப்பதற்காக பேரிங்குகள் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன.

சென்ட்ரிபியூஜ் நுண்ணோக்கி

தனி செல்களில் சுழற்சி விளைவுகளை ஆராய்வதற்கு உதவி செய்யும் நுண்ணோக்கி பொருத்தப்பட்ட ஒரு சென்ட்ரிபியீஜ் கருவியை 1930-ல் ஹார்வி, லூமிஸ் ஆகியோர் தயாரித்துள்ளனர். இதில் பொருளருகு லென்ஸ் சென்ரிபியூஜின் புயத்தின் முனையில் பொருத்தப்பட்டு ஒரு தனிவகை தகட்டில் அமைக்கப்பட்டுள்ள செல் மாதிரியை நோக்கிக் குறிவைக்கப்பட்டிருக்கும். தகடு தனியாக அமைக்கப்பட்டுள்ள விளக்கினல் ஒளியூட்டப்படும். பொருளருகு லென்சில் படும் ஒளி தக்க பட்டகங்களில் பிரதிபலிக்கப்பட்டு மையத்திலுள்ள கண்ணருகு கருவியில் தெரியும். பிற்காலத்தில் இக்கருவி பல வகையில் சீர்திருத்தமடைந்துள்ளது. உயர் வேகச் சுழலிகளில் பயன்படுத்தும் வகையிலும் புகைப்படம் எடுக்கும் வகையிலும் மாற்றங்கள் செய்யப்பட்டுள்ளன. ஒரு குழாயில் உள்ள கரைசலில் மாதிரி வைக்கப்படும். கரைசலின் அடர்த்தி ஒரு முனையிலிருந்து மற்ற முனைக்குச் செல்

லுகையில் படிப்படியாக மாறியிருக்கும்படி செய்யப்பட்டிருக்கும். சுழற்சியின்போது செல் தனது அடர்த்திக்குச் சமமான அடர்த்

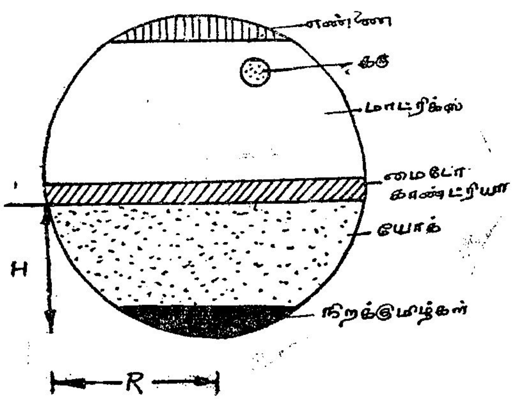


படம் 96

தியுள்ள பகுதியில் போய் நிற்கும். செல் குழாயின் முனையில் போய் மோதி சேதமாகாதவாறு தடுக்கப்படுகிறது.

சென்ட்ரிபியூஜ் நுண்ணோக்கியின் பயன்கள்

செல்களின் பௌதிக உயிரியல் பண்புகளை ஆராய்வதில்



படம் 97

சென்ட்ரிபியூஜ் நுண்ணோக்கி பலவகையாகப் பயன்படுகிறது.

செல்லிலுள்ள பொருள்களின் பாகுநிலே, பரப்பு இழுவிசை ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடிக்க இது உதவுகிறது. செல்லிலுள்ள பொருள்களின் அடர்த்திகள் சிறிது வேறுபட்டிருந்தால் அவற்றைத் தனிப்படுத்தி, அவற்றின் பண்புகளைக் கண்டு பிடிக்க முடிகிறது. புவியீர்ப்பு விசையைப்போல 5000 மடங்குக்கு மேற்பட்ட G புலத்தில் நீடித்திருக்கும்போது செல் லேசான பகுதியாகவும் கனமான பகுதியாகவும் இரண்டாகப் பிரிந்துவிடுகின்றன. செல்லேப் பிளக்காத அளவிற்கு சுழற்சி செய்தால் செல் பகுதிகள் படத்தில் காட்டியவாறு படலங்களாகப் பிரிந்து நிற்கின்றன. ஒவ்வொரு படலமும் செல் பருமத்தின் ஒரு பின்னத்தைக் குறிக்கின்றது. இப்படலங்களின் பருமங்களை $V = \frac{1}{3}\pi\ (3R—H)\ H^2$ எனும் சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம்.

இதில் 'R' என்பது இடைத்திசை ஆரம், H என்பது செங்குத்துத் திசை ஆரம். இவற்றிலிருந்து செல்களில் வெவ்வேறு பொருள்கள் நிறைந்திருப்பதைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

G விசைகளினுல் மனித உடலிலேற்படும் விளைவுகள்

விண்வெளியில் பறக்கின்றன மனிதன் தனது நிறையை உணரமாட்டான். பூமியையோ மற்ற பொருள்களையோ நெருங்கும்போது மட்டுமே அவன்தான் விழுவதை உணர முடியும். ஆனுல் அவன் ஒரு பொருளினுல் தாங்கப்படுகையில் நிலேமை மாறிவிடுகிறது. அவன் உடலே ஏதோ ஒரு விசைமேல் நோக்கித் தாக்குகிறது. அவன் தசைகளோ எலும்புக்கூடோ அந்த விசையை மேல் நோக்கிப் பரப்பி ஒவ்வொரு உறுப்பும் தாங்கும் பொருளைப் பொறுத்துச் சமநிலேயிலிருக்கும் வகையில் விசையை வினியோகம் செய்கிறது. உறுப்புகளுக்கிடையில் இவ்வாறு தோன்றும் விசைகள் உடலில் உள்ள உணர்வு உறுப்புகளைத் தூண்டிவிட்டு உடல் எடையை உணர்கிறது.

இதை பௌதிகவியல் அடிப்படையில் விளக்கலாம். நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியை $1F - ma1 = 0$ என எழுதுவதாகக் கொள்வோம். —(13

இங்கு 1F, $a1$ ஆகியவை வெக்டார் முறையுல் குறிக்கப்படுகின்றன. இந்தச் சமன்பாடு ஒரு பொருள் 'F' எனும் முடுக்கு விசைக்கும் ma எனும் விசைக்குமிடையில் சமநிலேயில் இருப்பதைக் குறிக்கும் சமன்பாட்டைப்போல உள்ளது. இவ்வாறு

சமநிலையிலிருப்பது 'டீ ஆலம்பர்ட்' கொள்கை எனச் சொல்லப் படும். ஒரு மனிதன் ஒரு பொருளால் சீராகத் தாங்கப்படும் போது அதிலேற்படும் தாங்கல் விசை புவியீர்ப்பினுல் ஏற்பட்டா லும் அல்லது பொருளில் தோன்றும் முடுக்கத்தினுல் ஏற்பட்டா லும், அவ்விசைக்கு உண்டாகும் எதிர்விசையை எடையாகவே உணர்கிறுன். இவ்வாறு G புலத்தின் தோற்றுவாயை ஈர்ப்பு அல்லது முடுக்கம் என்று பிரித்துணர வழியில்லை.

எந்த ஒரு சோதனையிலும் மனிதன் உணரும் எடையானது புவியீர்ப்பு விசைக்கும், டீ ஆலம்பெட்டின் G விசை அல்லது மைய விலக்கு விசைக்குமான தொகு பயனுகும். புவியீர்ப்பு விசையை |Fg எனவும், *m* நிறையுள்ள பொருளின்மேல் *a* | முடுக்கத்தைத் தோற்றுவிக்கும் மற்ற விசையை |*Fe* எனவும் குறிப்பிட்டால்

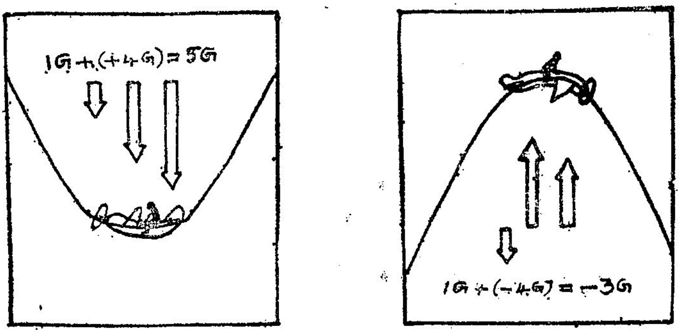
$$\vert Fg + \vert Fe - ma = O \qquad (14).$$

அல்லது

$$\vert Fe = ma \vert - Fg \qquad (15).$$

இங்கு Fe என்பது திசைமாற்றப்பட்டபின் G-விசை எனப் படும்.

மேலே கண்டது ஒரு வெக்டார் சமன்பாடு. *ma*1 விசை 1F*g* க்கு எதிர் திசையிலிருந்து, G விசை —|Fe. மனிதனைப்



படம் 68

பொறுத்துக் கீழ் நோக்கியிருக்கும். அப்போது கீழ் நோக்கிய மொத்த விசை |Fg-யை விட அதிகமாயிருக்கும். *ma* | விசை

| Fg திசையிலும், அதைவிடப் பெரியதாயும் இருந்தால் | —Fe மேலே நோக்கியிருக்கும் — | Fe எனும் G விசைமேல் நோக்கி யிருக்கும்.

விண்வெளி மருத்துவத்தில் இந்நிகழ்ச்சிகளுக்குச் சம்மந்தப் பட்ட சில சொற்றொடர்கள் பின்வருமாறு.

விமானியின் தலையிலிருந்து கால்நோக்கி சடத்துவ விசை கள் செயல்படுமாறு ஏற்படுகின்ற முடுக்கம் நேரின முடுக்கம் எனப்படும்.

முடுக்க விசைகள் G அலகு எனும் அலகால் அளக்கப்படு கின்றன. சாதாரண புவியீர்ப்பு விசைக்குச் சமமான முடுக்க விசை ஒரு G எனப்படும்.

தற்கால விமானிகள் அதிவேகமாகப் பறக்கும்போது வளைந் தால் விமானிகள் பெரும் G விசைகளுக்குக்காட்படுகின்றனர். 'r' ஆரமுள்ள குறுகிய வட்டப்பாதையில் விமானம் திரும்புகை யில் தோன்றும் G விசை $F = mw^2r = \frac{mv^2}{r}$ (14)

இது விமானத்தின் வேகம் v யின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்திலும் வளைவுப்பாதையில் ஆரத் (r) திற்குத் தலைகீழ் விகிதத்திலும் உள்ளது. வட்டப்பாதையில் வளைந்து பறக்கும்போது G விசை கள் விமானியின் தலையிலிருந்து கால் நோக்கிச் செயல்படும் வகையில் விமானம் புரண்டு கொள்கிறது. அதேபோல, வளைந்து மேலெழும்பும்போது கீழிறங்கும்போது G விசைகள் தலையிலிருந்து கால்நோக்கியே செயல்படுகின்றன. ஆனால் மேலெழும்புகையிலும் கீழிறங்குகையிலும் புவியீர்ப்பு விசையை யும் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். G விசைகளினால் மனித உடலில் ஏற்படும் மாற்றங்களை ஆராய்வதற்கு பெரும் உருவமுள்ள சென்ரிபியூஜ்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை முக்கியமாக ராணுவ முக்கியத்துவமுள்ள துறைகளிலேயே பயன்படுகின்றன. அவற்றில் சில வினாடிகளுக்குள் 20G வரை விசைகளைத் தோற்றுவித்துவிடலாம். மனிதனின் தலை வெளிப் புறமாகவோ உட்புறமாகவோ இருக்கும்படியாக வசதியான ஆசனங்கள் உள்ளதால் எதிரின G விசைகளைத் தோற்றுவித்து ஆராயலாம். மனித உடலில் ஏற்படும் மாற்றங்களை உடனுக் குடன் பதிவு செய்து கட்டுப்பாட்டு அறைக்கு அனுப்ப வசதி யான கருவிகள் ஆசனத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

இரத்தம் போன்ற திசுக்கள் உடலுக்குள் பொருத்தப் படாமல் இயங்கிக் கொண்டிருப்பதன் காரணமாகவே G விசை களின் விளைவுகள் தோன்றுகின்றன. தலையிலிருந்து கால் திசை யில் G விசைகள் செலுத்தப்படுகையில் 3G வரை மனிதன் இருக்கையில் விசை அதிகரிப்பதை உணர்வான். மூன்றிலிருந்து நான்கு G வரை தசைகள் இயங்குவது கடினமாகி முகத்தி லுள்ள திசுக்கள் கீழ்நோக்கி இழுக்கப்படும். 5G யில் உடல் இயங்குவதும் மூச்சுவிடுவதும் நின்றுவிடும். ஐந்திலிருந்து 9G வரை கால்கள் புடைத்துக் கொள்வதும், துடைத்தசைகள் முறுக்கிக் கொள்வதும், பார்வையும் செவிப்புலனும் மங்கிப் போவதும் தோன்றுகின்றன. பெரும்பாலோர் நினைவிழந்து விடுகிறார்கள்.

அமர்ந்துள்ள விமானியின் தலைக்கும் காலுக்கும் இடையில் இரத்த அழுத்த வேறுபாடு சாதாரணமாக (ஒரு மீட்டர் × இரத் தத்தின் அடர்த்தி) அளவு இருக்கும். உடலில் சாதாரண ஈர்ப்பு விசையைப்போல 5 மடங்கு விசைகள் செலுத்தப்பட்டால் இந்த இரத்த அழுத்த வேறுபாடும் 5 மடங்காக அதிகரிக்கிறது. எனவே இரத்தம் கால்களை நோக்கிப் பாயும். நீண்ட நேரத் திற்கு இவ்வாறு விசைகள் செலுத்தப்பட்டால் உடலின் கீழ்ப் பகுதிகளிலுள்ள இரத்த நாளங்கள் விரிவடைகின்றன. இதனால் இதயத்திற்கு இரத்தம் திரும்புவது குறைகிறது. இவ்வாறு இத யத்தின் இயக்கமும் தடைபடுகிறது. கால்களில் இரத்தம் தேங்கிப்போவதால் அவற்றை இயக்குவது கஷ்டமாகிறது. இரத்த ஓட்டம் நின்றுபோவதால் கால்தசைகள் மரத்துப் போகின்றன. கண் திரைக்குப் போதுமான இரத்தம் செல்வது தடைபடுவதால் பார்வை மங்குகிறது. மூளைக்கு ரத்தம் செல் வது குறைவதால் ஆக்சிஜன் தரப்படுவது குறைந்து நினைவிழத் தல் ஏற்படுகிறது. G விசைகள் நீக்கப்பட்டவுடன் இந்த அறி குறிகள் மறைந்துவிடுகின்றன.

எதிரின G விசைகளின்போது இரத்தம் தலையை நோக்கி நகருகிறது. 3G வரை விமானி தலைகனமாக இருப்பதுபோன்ற உணர்ச்சியையும், கண்குழியில் ஒரு அழுத்தத்தையும் உணர் கிறான். பின்னர் தலைவலி ஏற்படக்கூடும். 3Gக்கு மேலே விழித்திரையிலுள்ள இரத்தக் குழாய்கள் பெருத்துப் போவதால் ஒளி விழித்திரையை அடையாமல் தடுக்கப்பட்டு பார்வை மங்கிப்போகிறது. எல்லாம் சிவப்பாகத் தெரிகின்றது. மிக உயர்ந்த எதிரின G விசைகளின் போது விழித்திரையிலோ, மூளையிலோ இரத்த ஒழுக்கு ஏற்படலாம். G விசைகள் நீக்கப்

பட்ட பின்னரும் அவற்றின் விளைவுகள் நீடிக்கின்றன. பல மணி நேரம் வரை தலைவலி நீடிக்கிறது.

G விசைகளைத் தாங்கும் தன்மை (Tolerance)

மனித உடல் G விசைகளைத் தாங்கும் தன்மை, அவற்றிற்கு ஆட்படும் நேரத்தைப் பொறுத்தது. மேலும் குறைந்த அளவுள்ள G விசைகளுக்கு ஆட்படும்போது தாங்கும் வரம்பு பல்வேறு உறுப்புகளுக்கு ஏற்படும் சேதத்தைப் பொறுத்திருக் கிறது. எடுத்துக்காட்டாக 5-9G நேரின விசைகளின்போது செயலற்று அல்லது நினைவிழந்து போவதை மேல் வரம்பாகக் கொள்ளவேண்டும். அதற்கு மேற்பட்ட விசைகளுக்கு குறுகிய நேரத்திற்குள்ளேயே எலும்புக்கூடு அல்லது திசுக்கள் சேதப் படுவதை வரம்பாகக் கொள்ளலாம். எதிரின G விசைகளைவிட நேரின G விசைகளைத் தாங்கும் வரம்பு அதிகமாயிருக்கிறது.

எதிரின G விசைகளுக்கு ஆட்படுகையில் இரத்தம் தலைக்குச் செல்வதைத் தடுப்பது கடினம். ஆனால் நேரின G விசைகளுக்கு ஆட்படுகையில் துடைகள், பிட்டம் போன்ற பகுதிகளில் இரத்தம் சேருவதை அவற்றில் அழுத்தமேற் படுத்தித் தடுக்கலாம். G விசைகள் அதிகமாகும்போது தானாகவே காற்றடைந்து உப்பக்கூடிய பைகள் உடைகளில் வைத்துத் தைக்கப்படுகின்றன. முடுக்கம் குறையும்போது இப்பைகள் தானாகவே மெலிந்துவிடும். இத்தகைய உடைகள் தாங்குதல் வரம்பை ஒன்றிலிருந்து 1·5G வரை அதிகமாக்கு கின்றன.

மனிதன் படுக்கை நிலையிலிருக்கும்போது அதிகப் பாதுகாப்பு ஏற்படுகிறது. அப்போது G விசைகள் முதுகு மார்புத் திசையில் செயல்படுகின்றன. அதனால் இரத்த ஓட்டம் அதிக அளவில் பாதிக்கப்படுவதில்லை. இதனால் தாங்குதல் வரம்பு 17 G வரை அதிகரிக்கப்படுகிறது.

ஒரு வினாடிக்கும் குறைந்த நேரத்திற்கு முடுக்கத்திற்காளா கும்போது ஏற்படும் விளைவுகளை ஆராய நாம் திசைவேகம் $\left(\frac{ds}{dt}\right)$, முடுக்கம் $\left(\frac{d^2s}{dt^2}\right)$, குலுக்கம் $\left(\frac{d^3s}{dt^3}\right)$ ஆகிய அளவு களைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். குலுக்கம் (Jolt) என்பது முடுக்கம் மாறுகின்ற வீதம் ஆகும். இவற்றோடு பெரும முடுக்கம், ஆட்படும் நேரம், முடுக்கத்தின் திசை, அழுத்தமேற் படும் பரப்பு ஆகிய அம்சங்களும் தாங்குதல் சக்தியைப் பாதிக்கின்றன.

விசைக் கவண் கருவியால் விமானங்கள் பறக்கவிடப்படும் போதும், விபத்து சமயங்களில் விமானத்திலிருந்து விமானி விசையிருக்கையினுல் வெளியே தூக்கி எறியப்படும்போதும், நிர்ப்பந்தமாகத் தரையிறங்கும் போதும், பாராசூட்டுகள் திறந்துகொள்ளும் போதும் சில வினடிகளுக்கு பெரும் முடுக்கங்கள் தோன்றுகின்றன. இவற்றில் பெரும்பாலானவை நேர் கோட்டில் இருக்கையிலிருந்து தலேக்கோ, முதுகிலிருந்து மார்புக்கோ செலுத்தப்படுகின்றன. இவற்றைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி ராணுவ முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது.

குறுகிய முடுக்கங்களைத் தாங்குதல்

நேராக உட்கார்ந்த நிலேயில் ஒரு மனிதனின் இயக்கம் திடீரென நிறுத்தப்பட்டால், அவன் முன்னுல் தள்ளப்பட்டு ஒரு கடினமான பரப்பின் மேல் அல்லது பொருளின் மேல் மோதிக் கொண்டு தலேயிலும் மார்பிலும் காயமடைகிருன். இதைத் தவிர்க்க விமானங்களிலும், கார்களிலும் இருக்கைகளில் வார்ப் பட்டைகளைப் பொருத்தி ஒட்டியை இருக்கையுடன் சேர்த்துக் கட்டிவிடப்படுகிறது. உயர்ந்த முதுகுப் பக்கமுள்ள இருக்கைகளில், இயக்க திசைக்கு முதுகைக் காட்டிக் கொண்டு உட்கார்ந்திருக்கும் மனிதன் 30 G வரை குறுகிய விசைகளைச் சேதமின்றித் தாங்கமுடியும். இருக்கையின் முதுகுப் பகுதி பரந்து இருப்பதால் அழுத்தம் பரவலாகி, திசுக்கள் காயமடைவது குறைகிறது. பட்டைவார்களாலும் தோள் சேணத்தாலும் பாதுகாக்கப்படும்போது அதிர்ச்சிக்குள்ளாகும் பரப்பு சுமார் 300 ச. செ. மீ. ஆகவும், முதுகுப்புறமாகப் பயணம் செய்யும் போது சுமார் 1300 ச. செ. மீ ஆகவும் உள்ளது. எனவே தற்போது விமானங்களில் செல்லும் திசைக்கு முதுகைக் காட்டிக் கொண்டு பயணிகள் அமர்கின்ற வகையில் இருக்கைகள் உள்ளன.

முடுக்கம் காலிலிருந்து தலேயுள்ள திசையில் ஏற்படும்போது, விசைகள் முதுகுத் தண்டின் கீழ் முனேயில் தாக்குகின்றன. அப்போது முதுகுத் தண்டின் வலிமையைப் பொறுத்துத் தாங்குதல் வரம்பு நிர்ணயமாகிறது. இவ்வாருன நிலே பாராசூட்களிலிறங்கும் போதும், நிர்ப்பந்தமாகத் தரையிறங்குகையிலும், விமான இருக்கைகளிலிருந்து வெடித்து வெளிப்பாயும் போதும் தோன்றுகின்றது.

எலும்புகள் சீரான விசைகளுக்கு ஆட்படும் போது இருப்பதைவிடத் திடீர் விசைத் தாக்குதலுக்குட்படும் போது அதிக

மாக முறிய வாய்ப்புள்ளவை. முதுகெலும்புத் தொடரும் அது போன்றதே. ஒரு மனிதன் விழுவதை வயிற்றுச் சேணங்களால் தடுக்கையில் ஏற்படும் மிக வேகமான எதிர் முடுக்கங்களின் போது இதயம் மார்புச் சுவற்றில் மோதிச் சேதமுறுவதாக ஜோப், ஹிட்ச்ஹாக் ஆகியோர் குறிப்பிடுகிருர்கள். தாமதித்த மரணம் இதனுல் ஏற்படலாம். உயர்ந்த இடங்களில் வேலை செய்பவர்களைப் பாதுகாக்கும் சாதனங்களில் எதிர் முடுக்க நேரத்தை நீடிப்பதற்காக நீண்டு கொடுக்கும் நைலான் கயிறு கள் பயன்படுகின்றன.

விமானத்திலிருந்து வெளியே குதிக்கும்போது, பாராசூட் திறந்து கொள்வதற்குமுன் கீழே விழும் வேகம் அதிகரித்துக் கொண்டேபோய், காற்றினுல் ஏற்படும் தடை, புவியீர்ப்பு விசைக்குச் சமமாகும்போது ஒரு மாறிலியான அளவை அடைகிறது. இது முற்றுத் திசைவேகம் (Terminal Velocity) எனப் படும். கடல் மட்டத்தில் முற்றுத் திசை வேகம் மணிக்குச் சுமார் 130 மைல். பாரச்சூட் திறந்த பிறகு எதிர் முடுக்கத்தினுல் ஏற்படும் G-விசைகள் 360-720 அளவில் உள்ளன. பாரசூட் திறந்து கொண்ட பின்னர் திசைவேகம் 20 அடி/விஞடியாகக் குறைந்துவிடும். இது சுமார் 90 அடி விழுவதற்குள் நிகழ்கிறது. இதனுல் இருக்கையிலும், அடி வயிற்றிலும் 5 அல்லது 6 G அளவுள்ள விசைகளைச் செலுத்துகிறது. அதிகமான உயரங் களில் முற்றுத் திசைவேகங்கள் அதிகமாயிருக்குமாதலால் அங்கு தோன்றும் G விசைகளும் அதிகமாயிருக்கும்.

19. வெப்ப இயக்கவியலும் உயிரியலும்

உயிரியலில் வெப்ப இயக்கவியலைப் பயன்படுத்தும்போது பொதுவாக இரு பிரச்சினைகள் கவனிக்கப்படுகின்றன. முதலாவதாக ஒரு அமைப்பு A நிலையிலிருந்து B நிலைக்கு மாறும் போது, எவ்வளவு வேலை செய்யப்படுகிறது? அதற்குத் தேவையான வெப்பத்தின் அளவு என்ன? ஒரு அமைப்பு ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையிலிருக்கும்போது அது எந்த அளவிற்கு நிலையாக இருக்கும்? இந்த கேள்விகளுக்குப் பதில் கண்டுபிடிப்பதில் வெப்ப இயக்கவியல் பயன்படுகிறது.

ஒரு எந்திரப் பொருளின் வெப்ப இயக்க அமைப்பு உயிரிகளோடு ஒப்பிடுகையில் எளிமையானது. அதில் ஒரு சில பொருள்கள் தெரிந்த முறையில் ரசாயன மாற்றமடைகின்றன. இம்மாற்றம் துவக்கக் கலப்பு, அழுத்தம், பருமம், வெப்பநிலை போன்ற தெரிந்த சூழ்நிலைகளில் நடக்கின்றது. அதற்கு நேர் மாறாக ஒரு உயிரியல் எண்ணற்ற கூறுகள் உள்ளன. அவற்றின் பண்புகளும், அவை ஒன்றோடொன்று வினைபுரியும் விதங்களும் தெரியாதவை. இந்த அளவுகளை வைத்துக் கொண்டு அவற்றின் நிலையையும் முழுமையாகக் குறிப்பிட முடியாது. அவற்றில் நேர்மாறுக்க முடியாத மீள் தன்மையற்ற வினைகள் (irreversible reactions) தொடர்ச்சியாக நிகழ்ந்து கொண்டிருக்கின்றன. அப்போது வெளிப்படும் வெப்பத்தைக் கொண்டோ அல்லது வேறு சான்றுகளைக் கொண்டோ வெப்பநிலையின் அடிப்படையில் இந்த வினைகள் நிகழும் வீதத்தை ஆராய்ந்தால், இந்த வினைகளைப் பற்றி சில விவரங்களை அறியலாம்.

ஹெஸ்ஸின் விதியின் (Hess' law) படி ஒரு குறிப்பிட்ட வினையில் உட்கவரப்பட்ட அல்லது வெளியான வெப்பம் ஒரு மாறிலி. அது வினை நிகழும் முறையினைப் பொறுத்ததல்ல. அதாவது எந்த வரிசைப் படிகளில் வினை நிகழ்ந்தாலும் விளைகின்ற

வெப்பம் ஒன்றே. இடையிலுள்ள சில வினைகள் வெப்பத்தை உட்கவருபவையாயும் சில வெப்பத்தை வெளியிடுபவையாயும் இருக்கலாம். ஆனால் எல்லா வினைகளிலும் ஏற்படும் வெப்ப பரிமாற்றங்களின் இயல் கூட்டுத் தொகை ஒரு மாறிலியாகும். அது வினை நேரடியாக நிகழ்ந்து முற்றுப் பெறுமானால், ஏற்படக் கூடிய வெப்பப் பரிமாற்றத்திற்குச் சமமாயிருக்கும். இதனாலும், உடலுக்கு கிடைக்கின்ற ஆற்றல் முழுவதும் உணவாகவே உள்ளே நுழைந்து இறுதியில் ஆக்சிஜனேற்றமடைகிறபடியாலும், உடலில் உற்பத்தியாகும் மொத்த வெப்பத்தைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டுமாயின், அதே அளவுள்ள அதே வகையான உணவைக் கண்ணாடிக் குடுவையில் ஆக்சிஜனேற்றம் செய்து அப்போது விளைகின்ற வெப்பத்தை அளப்பதன் மூலம் செய்யலாம்.

உடல்களில் ஏற்படும் வினைகள் வெப்ப நிலையைப் பொறுத்துள்ளன. ஒரு சுற்றுத் தொடர்பற்ற (closed) அமைப்பில் என்ட்ரபி அதிகரித்துக் கொண்டோ அல்லது மாறாமலோ இருக்கிறதே தவிர ஒருபோதும் குறைவதில்லை. அதாவது அந்த அமைப்பிலுள்ள ஒழுங்குத் தன்மை (order) குறைந்து கொண்டோ அல்லது மாறாமலோ இருக்கிறது. ஆனால் ஒரு வளர்ந்து கொண்டிருக்கும் உயிரியல் குறைந்த ஆற்றல் நிலையிலுள்ள (உணவு) பொருள்கள் உருமாற்றமடைந்து உயர் ஆற்றல் நிலையும், மேலான ஒழுங்குத் தன்மையுமுள்ள பொருள்களாகின்றன. ஏனெனில் ஓர் உயிரி அமைப்பு முற்றிலுமாக சுற்றுப்புறங்களிலிருந்து தொடர்பற்றது அல்ல. அவை சுற்றுப்புறங்களுடன் பொருள்களையும் ஆற்றலையும் பரிமாறிக் கொள்கின்றன.

ஆக்சிஜனேற்ற வினைகள் சீரான நிலையில் இருப்பதற்கும், திசுக்களுக்கேற்றவாறு உணவைத் தயாரிக்கும் இடைநிலை வினைகள் தோற்றுவிக்கும் வெப்பம், மொத்த வெப்பத்துடன் சேராதிருப்பதற்கும் தக்கவகையில் உட்கரப்படுவதற்கு முந்திய நிலையிலும் தசைகள் இயங்காமலிருக்கும் நிலையிலும் வெப்ப உற்பத்தி ஏறபடுவது அடிப்படையானது. அதை அளக்கும் போது விலங்கு நன்கு தூங்கி விட்டு விழித்திருக்கவேண்டும். இந்தச் சூழ்நிலைகளில் ஏற்படும் வெப்ப உற்பத்தி அடிப்படை வளர்சிதை மாற்றவீதம் (Basal Metabolic Rate) எனப்படும். விலங்கு தூங்கும்போது வெப்ப உற்பத்தி இதைவிட குறைவாக இருக்கும்.

இதோடு விலங்கு இயங்கும்போது உற்பத்தியாகும் கிளர்ச்சி வெப்பத்தையும் (Activity Heat) கவனிக்க வேண்டும். ஒரு

குறிப்பிட்டகால இடைவெளியில் ஒரு விலங்கிற்குள் உற்பத்தி யான வெப்பத்தின் அளவு இவ்விரண்டின் கூட்டுத்தொகையி லிருந்து தூக்கத்தின்போது அடிப்படை வளர்சிதை மாற்ற வீதத்தில் ஏற்பட்ட குறைவைக் கழித்தபின் கிடைக்கும் அளவாகும்.

எல்லா விலங்குகளிலும் உடல் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும் போது வளர்சிதை மாற்றம் அதிகமாகிறது. சில விலங்கு களுக்குச் சுற்றுப் பொருள்களைப் பொறுத்து உடல் வெப்ப நிலை மாறிலியாக இருக்கும். வளர்சிதை மாற்றம் வெப்பநிலை மாற்றத்துடன், உணவு கிடைக்கும் அளவையும், என்சைம் கள், வளர்சிதை மாற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் ஹார்மோன் கள் இவை நிறைந்திருப்பதையும் பொறுத்து மாறுகிறது. இந்த அம்சங்கள் மாறுதவரை அடிப்படை வெப்பநிலை உற்பத்தி ஒரு குறிப்பிட்ட விலங்கிற்கு குறிப்பிடத் தக்கவாறு மாறிலியாக உள்ளது. சுரம் உள்ளபோது தவிர மற்ற நேரங் களில் மனித உடலின் வெப்பநிலை 37°C ஆக சாதாரணமாக ஒரு டிகிரிக்கு மேல் மாற்றமடையாமல் நிற்கிறது. ஆனால் உடல் வெப்பநிலை இரவிலும் பகலிலும் வேறுபடுகிறது. மற்ற பாலூட்டிகளுக்கும் பறவைகளுக்கும் சராசரி உடல் வெப்பநிலை சற்று அதிகமாக உள்ளது. இவ்வாறுன விலங்குகள் வெப்ப இரத்த விலங்குகள் (Homeothermic) எனப்படும். பாம்புகள், மீன்கள் போன்ற கீழினவிலங்குகளில் இத்தகைய வெப்பநிலைக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்புகள் இல்லை. அவை குளிர் இரத்த விலங்குகள் (Poi Kilothermic) எனப்படும். அவற்றின் உடல் வெப்பநிலை சுற்றுப்புறங்களின் வெப்பநிலைக்குத் தக்கவாறு மாறும்.

வெப்ப இரத்த விலங்குகளில் வெப்பநிலையை மாறுமல் வைக்கின்ற அமைப்பு உள்ளது. நீண்டநேரம் குளிர்ந்த சூழ் நிலையிருக்கும் போது தைராய்டு ஹார்மோன் அதிக அளவில் உற்பத்தியாகி வெப்ப உற்பத்தி சற்று அதிகமாகிறது. ஆனால் இது மெதுவான மாற்றம். விலங்குகளைக் குளிர்ந்த சூழ் நிலை களுக்குப் பழக்கப்படுத்துவதைத் தவிர, அதிகமாகப் பாது காப்பளிப்பதில்லை. குளிர் அதிகரிக்கும்போது வெப்பம் அதிக மாக உற்பத்தியாவதைவிட, உடலிலிருந்து வெப்பம் இழக்கப் படுவதைக் குறைப்பதே முதன்மையாக ஏற்படுகிறது. இவை மிகவிரைவாக ஏறபடக் கூடியவையாதலால் சுற்றுப்புற வெப்ப நிலையில் தோன்றும் திடீர் மாற்றங்கள் சமாளிக்கப்படுகின்றன.

ஒரு வெப்பப் பரிமாற்றி அமைப்பு (Heat Exchanger)

எந்திரத் தொகுப்புகளில் நீராவிக் கொதிகலன் போன்ற பல வெப்பப் பரிமாற்றி அமைப்புகள் உள்ளன. பொதுவாக வெப்ப பரிமாற்றம் இயற்கையான அல்லது தூண்டப்பட்ட வெப்பச் சலனம், கடத்தல், கதிர்வீசல் ஆகிய முறைகளில் நிகழ்த்தப்படும். கடத்தல் மூலமாக வெப்பம் பாயும் வீதம் $\frac{dQ}{dt} = -KA\frac{dT}{dx}$ எனும் சமன்பாட்டினுல் பெறப்படுகிறது. இங்கு A என்பது கடத்தியின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு, K என்பது கடத்து எண், $\frac{dT}{dx}$ என்பது வெப்பநிலைச் சரிவு ஆகும். உலோகத்திலிருந்து காற்று அல்லது இன்னொரு பாய்மரத்திற்கு வெப்பச் சலனத்தின் மூலமாக வெப்பம் பாயும் போது உலோகப் பரப்பின் மேல் படிந்துள்ள மெல்லிய பாய்மப் படலம்—வரம்புப் படலம் எனப்படும் படலம்—வெப்பம் பரவுவதை எதிர்க்கிறது. அலகுப் பரப்பின் வழியாக ஏற்படும் வெப்பப் பாய்வு $\frac{1}{A}\ \frac{dQ}{dt} = h\,(T_1—T_2)$ எனும் சமன்பாட்டினுல் தரப்படும். இங்கு 'h' என்பது வெப்ப பாய்வு குணகம் (Heat transfer Coefficient) எனப்படுகிறது. $T_1—T_2$ என்பது உலோகத்தின் வெப்பநிலைக்கும் பாய்மத்தின் வெப்பநிலைக்கும் இடையிலுள்ள வித்தியாசம். கதிர்வீசலின் மூலமாக வெப்பம் பரவும் போது வெப்பப் பாய்வு வீதம் $\frac{dQ}{dt} = A.EK\,(T_1^4—T_2^4)$ இங்கு K என்பது போல்ட்ஸ்மன் மாறிலி ($1\cdot37\times10^{-11}$ கலோரி/செ.மீ. விஞடி), E என்பது கதிர்வீசு எண். கதிர்வீசு எண்ணின் மதிப்பு லட்சியக்கரும் பொருளுக்கு ஒன்ருகவும், மற்ற பொருள்களுக்கு ஒன்றைவிடக் குறைவாகவுமிருக்கும்.

ஒரு சூடாக்கி அல்லது குளிர்வாக்கிக் கருவியின் வெப்பக் கடத்து திறன், அதன் பரப்பையும், வெப்பநிலை வேறுபாட்டையும், வெப்பப் பாய்வுக்குணகத்தையும் பொறுத்திருக்கிறது. இக்குணகம் நடைமுறையில் வெப்பம் பாயும் பாதையில் சிறுமப் பயனுறு (Least Effective) பரப்பிற்குச் சமமாக உள்ளது. மேலே சொன்னபடி இது உலோகப்பரப்பின் மேல் பரவியுள்ள பாய்மப் படலமாகும். ஆகவே உலோகப்பரப்புகளின் மேல் வெப்பச் சலனத்தை ஏற்படுத்திக் கருவியின் வெப்பப் பாய்வுத் திறமையை அதிகரிக்கலாம். வெப்பப்பாய்மம் உயர்ந்த வெப்ப ஏற்புத் திறனுள்ள தாயிருப்பது சிறப்பு. திரவங்களை ஆவியாகவிடுவதன் மூலம், சிறுதுளிகளாகத் தெளிப்பதன்

மூலமும், ஆவிகளைக் குளிரவைப்பதன் மூலமும் வெப்பப்பாய்வு அதிகரிக்கப்படுகிறது.

விலங்குகளின் உடலில் வெப்பநிலை பராமரிக்கப்படுவதை யும் ஒரு யந்திர உவமையின் அடிப்படையில் விவரிக்கலாம். உடலின் மேற்பரப்பிற்கும், உள்பகுதிகளுக்குமிடையில் பல டிகிரிகள் வெப்பநிலை வேறுபாடுள்ளது. உடலின் வழியாக முக்கியமாக இரத்தம் வெப்பத்தைக் கடத்துகிறது. திசுக்களும் கணிசமான அளவிற்குக் கடத்துகின்றன. நுரையீரல் வழியே செல்லும்போது குளிர்ந்த காற்றுடன் தொடர்பு கொள்வதாலும், அங்கு நீர் ஆவியாவதாலும் இரத்தம் சற்றுக் குளிர்ச்சியடை கிறது. ஈரல், எலும்புத்தசைகள் போன்ற திசுக்களிலிருந்து வெப்பம் கிடைக்கின்றது. இவ்வாறு பெறப்பட்ட வெப்பம் நுரையீரலைத் தவிர புறப்பரப்பிலிருந்தும் இழக்கபப்படுகிறது. மூளையில் ஹைபோதாலமஸ் எனும் பகுதியில் உள்ள இரு நரம்பு மையங்கள் வெப்பநிலை மாருமல் வைக்கும் அமைப்பின் உணர் கருவிகளாகச் செயல்படுகின்றன. ஒன்று இரத்தத்தின் வெப்ப நிலை உயர்வதையும், மற்றது குறைவதையும் கண்காணிக் கிறது. தோலில் அமைந்துள்ள உணர் கருவிகள் உடனுக்குடன் சுற்றுப்புற வெப்பநிலையிலேற்படும் மாற்றங்களை இவற்றிற்குத் தெரிவிக்கின்றன. அவை நிலைமைக்குத் தக்கப்படி நரம்புகள் வழியே சங்கேதங்களைச் செலுத்தி நுண் தமனிகள் தோலுக்கு இரத்தம் பாய்வதைக் கட்டுப்படுத்துமாறு செய்கின்றன. அதோடு வெப்பநிலை உயரும் போது வியர்வைச் சுரப்பிகள் வியர்வையை வெளிவிட்டு ஆவியாதலின் மூலம் குளிர்ச்சி உண்டாக்குகின்றன. வெப்பநிலை குறையும்போது வெப்ப இழப்பைக் குறைக்க தோல் தனது பரப்பைக் குறைத்துக் கொள்ளும் போது சுருங்கி மயர்க்கூச்சல் ஏற்படுகிறது. அதோடு உடலிலும் நடுக்கம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. இதனால் வெப்பநிலை உயரும்.

உயிரிப்பொருள்களின் வெப்பப் பண்புகள்

வெப்பநிலையைப் பராமரிப்பது, வெப்ப இழப்பை ஒழுங்கு படுத்துவது ஆகியவற்றைப் பற்றி ஆராயும்போது திசுக்களின் வெப்ப எண்ணையும், வெப்பக் கடத்து திறனையும்பற்றிக் கவனிக்க வேண்டும். ஒரு கிராம் பொருளின் வெப்பநிலையை ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடு உயர்த்தத் தேவையான வெப்பக் கலோரி களின் எண்ணிக்கை அதன் வெப்ப எண் ஆகும். பொருகளின் வெப்பநிலை மாறும்போது அவற்றின் வெப்ப எண்களும் மாறு படுகின்றன. ஆகவே வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடும்போது

15°Cயிலிருந்து 16°C வரையிலான வெப்பநிலை உயர்வு பயன் படுத்தப்படுகிறது. இது ஏறத்தாழ சராசரி வெப்பஎண் (ஒரு கிராம் பொருளின் வெப்பநிலையை 0°Cயிலிருந்து 100°Cக்கு உயர்த்தத் தேவையான வெப்பக்கலோரிகளின் நூற்றில் ஒரு பங்கு)க்குச்சமம்.

உடல் வெப்பநிலையில் காற்றின் வெப்ப எண் சுமார் 0·2375 கலோரிகள், நீர் ஆவியின் வெப்ப எண் சுமார் 0·4 கலோரிகள். இவை மாரு அழுத்த நிலைக்கான மதிப்புகளாகும். நுரையீரலில் வெப்பம் இழக்கப்படுவதைக் கணக்கிடும்போது மாரு அழுத்த வெப்ப எண்ணைப் பயன்படுத்தவேண்டும். திசுக்களின் வெப்ப எண் திசுக்களிலுள்ள நீர், திடப்பொருள்கள் (புரோட்டீன், கொழுப்பு) ஆகியவற்றின் அளவைப் பொறுத்தது. அதன் உறவை சுமாராகப் பின்வருமாறு குறிக்கலாம். வெப்ப எண் $= (1\cdot0\times H) + (0\cdot4\times S)$

இதில் H என்பது திசுவிலுள்ள நீரின் பின்னம், S என்பது திடப்பொருளின் பின்னம். கழிவுகளைச் சேர்க்காமல் 25% புரதமும் 75% நீரும் அடங்கிய ஒரு மெலிந்த விலங்கின் வெப்ப எண் சமார் 0·85. 30% கொழுப்பு, 20% புரதம், 51% நீர் அடங்கிய ஒரு கொழுத்த விலங்கின் வெப்ப எண் சுமார் 0·7. பர்ட்டன் (1935) சராசரியாக 0·83 என எடுத்துக் கொள்ள லாம் என்கிருர். இரத்தத்தின் வெப்ப எண் 0·9

இரத்தம் கலந்திராத திசுக்களின் வெப்பக்கடத்து திறனைப் பற்றிய அதிகவிவரங்கள் கிடைக்கவில்லை. பர்ண்ஸ் என்பவர் தயாரித்துள்ள அட்டவணையிலிருந்து ஆலிவ் எண்ணெய்க்கு 0·00039, மனிதத்தோலுக்கு 0·0006, தோலுக்கு 0·00042, பன்றிக்கொழுப்புக்கு 0·00048, உலர்ந்தகாற்றுக் 0·00095, 37°Cயிலுள்ள நீருக்கு 0·00135 எனும் வெப்பங்கடத்து எண் மதிப்புகள் கிடைக்கின்றன.

வெப்பங்கடத்து எண்ணை $\frac{dQ}{dt} = -KA\frac{dT}{dx}$ எனும் சமன் பாட்டிலிருந்து பெறலாம். இதில் $\frac{dQ}{dt}$ என்பது அலகு நேரத்தில் கடத்தப்பட்ட வெப்பத்தின் அளவு, $\frac{dT}{dx}$ என்பது வெப்பநிலைச் சரிவு, A என்பது வெப்பங்கடத்தப்படும் பரப்பளவு K என்பது வெப்பக்கடத்து எண் ஆகும். K என்பது கலோரி/விநடி. டிகிரி C. செ.மீ. எனும் அலகுகளில் அளக்கப்படும். தோலுக்

கருகிலுள்ள திசுக்களில் இரத்தம் நிறைந்திருப்பது அதன் தோற்றக்கடத்து எண்ணை மாற்றிவிடுகிறது. ஏனெனில் இரத்தம் இடைவிடாது தோலுக்கு வெப்பத்தைக் கொண்டு வந்து கொண்டே இருக்கிறது. உடலின் பல்வேறு பகுதிகளின் வெப்பநிலையிலேற்படும் வேறுபாடானது, அப்பகுதிகள் தோலிலிருந்து வெவ்வேறு தொலைவுகளிலிருப்பதாலும், தனித்தனி உறுப்புகளில் வெவ்வேறு அளவுகளில் வளர்சிதை மாற்றங்கள் ஏற்படுவதாலும், அவற்றின் வழியே பாயும் இரத்தத்தின் அளவு மாறுபட்டிருப்பதாலும் ஏற்படுகிறது. சாதாரணமாக உடலின் உட்பகுதிகளைவிடத் தோலின் வெப்பநிலை மூன்றிலிருந்து 5°C வரை குறைவாயிருக்கிறது. ஈரம் குறைந்த காற்றைச் சுவாசிக்கும்போது ஏற்படும் ஆவியாதலினால் குளிர்ச்சி ஏற்படுவதன் காரணமாக மூச்சுபாதைகளும் குறைந்த வெப்பநிலையிலிருக்கின்றன. இவற்றிலிருந்துதான் வெப்பம் இழக்கப்படுகிறது. உண்மையில் தோலின் எல்லாப்பகுதிகளும் ஒரே வெப்பமாயிருப்பதில்லை. நெற்றியிலும் தோளிலும் வெப்பநிலை சுமார் 33·5°C ஆகவும், மார்பில் சுமார் 32·75°C ஆகவும் உள்ளங்காலில் சுமார் 30·2°C ஆகவும் இருக்கிறது. முன்னர் கொடுக்கப்பட்ட மதிப்புகள் முழு பரப்பிற்குமான சராசரியாகும்.

கதிர்வீச்சலினால் வெப்பம் இழக்கப்படுதல்

சாதாரணமான சூழ்நிலைகளில் மொத்தம் இழக்கப்படும் வெப்பத்தில் 60% வரை கதிர்வீசலினால் இழக்கப்படுகிறது. மனித உடலிலிருந்து வெளியாகும் கதிர்கள் ஐந்திலிருந்து 20 மைக்ரான்கள் வரை அலை நீளமுள்ள கீழ்ச்சிவப்புக் கதிர்களாகும். அதில் பெரும் அளவு 9 மைக்ரான் அலை நீளமுள்ளதாக இருக்கிறது. உடலின் கதிர்வீச்சு 300°A வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு கரும் பொருளின் கதிர் வீச்சை ஒத்திருக்கிறது. அதேபோல வெப்பத்தை உட்கவரும் போது ஒரு கரும் பொருளின் உட்கவர் திறனில் 97% உள்ளதாயிருக்கிறது. (ஒரு கரும் பொருள் என்பது முழுமையாக உட்கவரக்கூடிய அல்லது கதிர் வீசக்கூடிய பரப்பு ஆகும். எனவே அதன் கதிர்வீச்சு இழப்பைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் குறிக்கலாம்.

$$\frac{dQ}{A\,dt} = K\,(T_s^4 - T_e^4)$$

இதில் $\frac{dQ}{dt}$ என்பது ஒரு விநாடியில் கதிர்வீசப்படும் வெப்பக்கலோரிகள். A என்பது கதிர்வீசும் பரப்பளவு, K

என்பது ஸ்டீபான்—போல்ட்ஸ்மன் மாறிலி ($1 \cdot 37 \times 10^{-11}$ கலோரி/வினுடி-செ.மீ.^{2}), T_s என்பது தோலின் தனிவெப்ப நிலை, T_e என்பது சுற்றுப்புறங்களின் தனிவெப்பநிலை. மேற்கண்ட உறவு **ஸ்டீபான் போல்ட்ஸ்மன் விதி** எனப்படும். சுற்றுபுறத்தின் வெப்பநிலையும் உடலின் வெப்பநிலையும் ஏறக்குறைய சமமாக இருக்கும்போது $\frac{dQ}{dt}$ A·K′ (T_s—T_e] என எழுதலாம். இது நியூட்டனின் விதியை ஒத்தது. K′ என்பது ஒரு மாறிலி. ஆடையில்லாத நிலையில் நலமாக உள்ள உடலுக்கு (T_s—T_e)யின் மதிப்பு 6°Cக்குக் குறைவாகவேயிருக்கும். எனவே குறிப்பிடப்பட்ட சூழ்நிலைகளில் கதிர் வீசலினல் இழக்கப்படும் வெப்பம் தோலின் வெப்பநிலையினுல் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. அதாவது வெப்ப இழப்பை ஒழுங்குபடுத்துவது, தோலின் வெப்பநிலையை ஒழுங்கு படுத்துவதாலே செய்யப்படுகிறது. தோலுக்கு வரும் வெப்பம் இரத்தத்தினுல் கொண்டு வரப்படுவதாகையால் தோலின் வெப்பநிலைக்கும் அதன் வழியே ஓடும் இரத்தத்திற்கும் இடையில் முக்கியமான தொடர்பு உள்ளது. உடலின் உட்புறத்தின் வெப்பநிலை T_i, தோலின் வெப்பநிலை T_s எனில் உள்ளேயிருந்து தோலுக்குக் கடத்தப்படும் வெப்பம் H′ = C′ (T_i—T_s) எனலாம்.

இங்கு C′ என்பது ஒரு மாறிலி. அதேபோல T_e என்பது சுற்றுப்புறங்களின் வெப்பநிலை எனில் தோலிலிருந்து சுற்றுப் புறங்களுக்குக் கடத்தப்படும் வெப்பம் H = C (T_s—T_e) ஆகும். இங்கு C என்பது இன்னொரு மாறிலி.

சாதாரண சமச்சீர் நிலையில் ஒரு பரப்பிற்கு வரும் வெப்பம் முழுவதும் கதிர் வீசப்பட்டுவிடுவதால் C (T_s—T_e) = C′ (T_i—T_s)

$$\text{அல்லது } \frac{C'}{C} = \frac{T_s - T_e}{T_i - T_s}$$

$\frac{C'}{C}$ எனும் தகவை வெப்ப இரத்த ஓட்ட எண் (Thermal Circulation Index) என பர்ட்டன் (1934) குறிப்பிடுகிருர். ஏனெனில் இதை நிர்ணயிப்பது இரத்தம் தோலுக்கு கொண்டு வரப்படும் வீதம் ஆகும். இது உடலில் வெவ்வேறு பகுதிகளில் வெவ்வேருக, இருக்கிறது. இருப்பினும் வெளி வெப்பநிலை, காற்றின் வேகம், ஈர்ப்பதன், உடை போன்ற அம்சங்களைக் கவனத்துடன் ஒழுங்கு செய்திருந்தால் இத்தகவு தோலில்

இரத்தம் பாயும் அளவினைக் குறிப்பதாகக் கொள்ளலாம். தோலின் இரத்த ஓட்டத்தில் மயக்க மருந்துகளின் விளைவை ஆராய்வதில் பர்ட்டன் இக்கருத்தைப் பயன்படுத்தியுள்ளார்.

ஹைபோதாலமிக் உணர்வு அமைப்பு இரத்த ஓட்டத்தைச் சரிப்படுத்தி சுற்றுப் புறங்களின் வெப்பநிலை உயரும்போது தோலுக்கு அதிக இரத்தம் வருமாறு செய்கிறது. ஆகவே தோல் சூடாகி அதற்கும் சுற்றுப்புறங்களுக்கு மிடையிலுள்ள துவக்க வேறுபாடு திரும்ப ஏற்படுத்தப்பட்டு, வெப்ப இழப்பு வீதம் மாருமல் வைக்கப்படுகிறது. ஆனால் இவ்வாறு சரிப்படுத்தப்படுதல் சுற்றுப்புற வெப்பநிலை 19°C-31°C எனும் வரம்புகளுக்குள் மட்டுமே ஏற்பட முடியும்.

பெல்ப்ஸ், வோல்டு (1934) ஆகியோர் தோலின் வெப்ப நிலை] T_s, சுற்றுப்புற வெட்பநிலை இவற்றிற்கிடையில், ($T_s = a + b$) (T_e—20) எனும் உறவைக் கண்டுபிடித்தனர். இங்கு *a*, *b* ஆகியவை சோதனை முடிவுகளுக்கேற்ப இச்சமன்பாட்டைச் சரி படுத்தத் தேவைப்படும் மாறிலிகள். அவர்கள் செய்த சோதனை களில் $a = 32 \cdot 8 \pm 0 \cdot 03$, $b = 027 \pm 0 \cdot 02$ எனும் மதிப்புகள் கிடைத்தன. 20 எனும் மதிப்பும் சோதனை மூலமாகக் கண்டு பிடிக்கப்படுகிறது. இச்சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி வெப்பம் இழக்கப்படுவதை 19°C—31°C எனும் சுற்றுப்புற வெப்பநிலை வரம்புகளுக்குள் ஏறக்குறைய துல்லியமாக முன்னறிவிக்கலாம்.

வெப்பமின் இரட்டைகளைப் பயன்படுத்தி உடலிலிருந்து கதிர்வீசப்படும் மொத்த வெப்பத்தை அளக்கலாம். ஒரு வெப்ப மின் இரட்டையை உடலின் வெப்பத்தையும், இன்னொன்று சுற்றுப்புறத்தின் வெப்பத்தையும் உட்கவருமாறு வைக்கப்படும். இரண்டின் வெப்ப மின் விளைவுகளையும் ஒரு கால்வனுமீட்டரில் செலுத்தினல், கிடைக்கின்ற தொகுபயன் விலக்கத்திலிருந்து உடலிலிருந்து வரும் பயனுறு கதிர்வீச்சை அளக்கலாம்.

ஆவியாதலின் வெப்ப இழப்பு

உடலின் வெப்ப நிலையில் நீரின் ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் 500 கலோரிகள்/கிராம். அதாவது உடலின் பரப்பி லிருந்து ஒரு கிராம் நீர் ஆவியாகும்போது 0·58 கிலோ கிராம் கலோரிகள் வெப்பம் இழக்கப்படுகிறது. இது இழக்கப்படும் மொத்த வெப்பத்தில் 20-25 சதவீதம் ஆகும். தோலின்மேல் எப்போதும் கண்ணுக்குத் தெரியாமல் படர்ந்திருக்கும் ஒரு மெல்லிய வியர்வைப் படலம் ஆவியாவதால் இது ஏற்படுகிறது.

சுற்றுப்புறத்தின் ஒப்பு ஈரப்பதன் 36%க்குமேல் ஒவ்வொரு சதவீதம் அதிகரிக்கும் போதும் தோல் வெப்பநிலை $0 \cdot 01°C$ அதிகரிக்கிறது. ஒரு வேளை ஒப்பு ஈரப்பதன் அதிகரிக்கும்போது ஆவியாதலால் குறைவதால் வெப்ப இழப்பு குறைவதை ஈடு கட்டுவதற்காக இது போலத் தோலின் வெப்பநிலை உயரக் கூடும்.

31°Cக்கு மேல் வெப்பநிலை உயரும்போது கதிர்வீசல் வெப்ப இழப்பு போதுமானதாக இல்லாமல் போகும். அப்போது நரம்புக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்புகள் வியர்வைச் சுரப்பிகளைத் தூண்டி அதிகமான வியர்வையை வெளிப்படச் செய்கின்றன. வெளி வெப்பநிலை மிக அதிகமாயிருக்கும்போது உடல் வெப்பத்தை உட்கவரக்கூடும். வியர்வை ஆவியாகிக் குளிர்ச்சி ஏற்பட்டு உடலில் தோன்றும் வெப்பத்துடன் இவ்வாறு உட் கவரப்பட்ட வெப்பத்தையும் வெளியேற்ற வேண்டும்.

மூச்சில் உள்ளிழுக்கப்படும் காற்று மூச்சுப் பாதைச் சுவற்றிலுள்ள திசுக்களை விடக் குளிர்ச்சியாயும் ஈரப்பதன் குறைந்ததாயுமிருக்கும். அதை உடல் வெப்ப நிலைக்குச் சூடாக்குவதிலும், அந்த வெப்ப நிலையில் அதைத் தெவிட்டிய நிலைக்குக் கொண்டு வருவதிலும் வெப்பம் செலவாகிறது. மொத்த வெப்ப இழப்பில் இது சுமார் 20% ஆகும்.

கடத்தலினாலும் வெப்பச் சலனத்தினாலும் வெப்ப இழப்பு

உடலுடன் தொடர்பு கொள்கிற காற்றின் அளவைப் பொறுத்து வெப்பச் சலனத்தால் வெப்பம் இழக்கப்படுகிறதாகையால் அதைத் துல்லியமாக அளப்பது முடியாது. ஏனெனில் உடலுடன் தொடர்பு கொள்கின்ற காற்றின் பருமத்தை அளப்பது இயலாது. அதேபோல வெப்பக் கடத்தலும் உடலுடன் தொடர்பு கொள்கின்ற கடத்துப் பொருள்களின் பரப்பையும், தன்மையையும் பொறுத்ததாகையால், கடத்தலினால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்பு துல்லியமாகக் கணக்கிடமுடியாது. ஆகவே கடத்தலினாலும் வெப்பச் சலனத்தினாலும் இழக்கப்படும் வெப்பத்தின் அளவை மொத்தம் உற்பத்தியான வெப்பத்திற்கும், கதிர்வீசலினாலும் ஆவியாதலினாலும் இழக்கப்பட்ட வெப்பத்திற்கும் இடையிலான வித்தியாசமாகக் கணக்கிடுவது வழக்கமாயிருக்கிறது.

தோலைவிடக் காற்றின் வெப்பநிலை அதிகமாயிருக்கும்போது தோலுக்கு வெப்பம் வருகிறது. காற்றின் வெப்ப எண் குறைவு.

உடல் நீரில் மூழ்கியிருக்கையில் கடத்தலினால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்பு கணிசமாயிருக்கும்.

19°Cயிலிருந்து 31°C வரை வெப்ப இழப்பு முக்கியமாகக் கதிர்வீசலினால் ஏற்படுகிறது எனக் கண்டோம். 19°Cக்கு குறைந்த வெப்ப நிலையில் தோலின் இரத்தக் குழாய்கள் பெரும அளவிற்குச் சுருங்கி விடுகின்றன. அப்போது உடல் உயிரற்ற பொருளைப் போலக் குளிர்ச்சியடைகிறது. 19°Cயிலிருந்து 31°C வரை தோலில் இரத்த ஓட்டம் கட்டுப்படுத்தப்பட்டு வெப்ப உற்பத்தியும் வெப்ப இழப்பும் சமமாகும் வரையில் தோலின் வெப்பநிலை பராமரிக்கப்படுகிறது. அந்நிலையில் கதிர்வீசலும், வெப்பச் சலனமும் வெப்பத்தை வெளியேற்றுவதில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கின்றன. 31°Cக்கு மேற்பட்ட வெப்ப நிலைகளுக்கு குறைந்த ஈரப்பதன் உள்ள சூழ்நிலைகளில் தோலுக்கும் சுற்றுப் புறத்திற்குமிடையிலுள்ள வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு நேர் விகிதத்தில் வியர்வை தோன்றுகிறது. மிகத் தீவிரமான சூழ் நிலைகளில் வெப்ப உற்பத்தியை வெப்ப இழப்பு ஈடுகட்ட முடியாதபோது உடலின் வெப்பநிலை அதிகமாகிறது.

உடலின் தனித்தனிப் பகுதிகள் குறைந்த வெப்ப நிலை களுக்கு உட்படும்போது நியூட்டனின் விதிப்படி குளிர்ச்சியடை கின்றன எனக்காட்டப்பட்டுள்ளது.

விலங்குகள் குட்டிகளாயிருக்கும்போது அவற்றில் வளர் சிதை மாற்றம் அதிகமாயிருக்கிறது. வயதாக வயதாக வளர் சிதை மாற்றம் ஒரு பெரும அளவிலிருந்து மெதுவாகக் குறைந்து கொண்டே செல்கிறது. பர்ட்டன் விலங்கின் உருவத்திற்கும் வளர்சிதை மாற்றத்திற்குமிடையில் ஒரு தெளிவான பௌதிகத் தொடர்பு இருப்பதைக் கண்டுபிடித்தார். முன்னர் கண்ட கதிர் வீச்சு சமன்பாடுகளான $H' = C'(T_i - T_s)$, $H = C(T_s - T_e)$ ஆகியவற்றிலிருந்து T_s-ஐ விலக்கி $H = \dfrac{C(T_i - T_e)}{1 + C'/C}$ எனும் சமன்பாட்டைப் பெறலாம். இது ஒரு குறிப்பிட்ட தோல் பரப்பில் ஏற்படும் வளர்சிதை மாற்றத்தைக் குறிக்கிறது. C'/C என்பது முழு உடலுக்கான சராசரி மதிப்பாகுல் H என்பதும் உடலின் சதுரமீட்டர் பரப்பில் ஒரு விநாடியில் ஏற்படும் சராசரி வளர்சிதை மாற்றமாகும். இதில் உட்புற வெப்பநிலை T_i மிக மிக மாறிலியானது. இது இளமையில் 37·5°C ஆகவும் பின்னர் 37°C எனும் மாறிலியாகவும் இருக்கும் விலங்கின் உருவம் பெரிதாகப் பெரிதாக வெப்பம் உடலின் உட்பகுதியிலிருந்து

வெளிப்பகுதிக்கு வர அதிக அளவில் திசுக்களைக் கடந்து வர வேண்டியிருக்கிறது. வெப்ப இரத்த ஓட்டக் குறியெண் உடல் பரிமாணங்களுக்குத் தலைகீழ் விகிதத்திலிருப்பதை இது குறிப்பிடுகிறது. எனவே $H = \frac{B}{1 + aL}$ எனக்காட்டலாம்.

இதில் B, a ஆகியவை மாறிலிகள். L உடலின் ஒரு நேர் கோட்டுப் பரிமாணம். L அதிகமானால் H குறைகிறது. L, விலங்கின் எடையின் மும்மடி மூலத்திற்கு நேர் விகிதத்திலுள்ள தாகையால் $H = \frac{B}{1 + Aw^{\frac{1}{3}}}$ (A ஒரு மாறிலி) ; $A w^{\frac{1}{3}} = \frac{C}{C'}$ வெப்ப இரத்த ஓட்டக் குறி எண் எனக் காட்டலாம். தனது பெரும மதிப்பை அடைந்த பின்னர் அலகுப் பரப்பில் வளர்சிதை மாற்றத்தின் குறைவு மேற்கண்ட சமன்பாட்டின்படி ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு வளர்சிதை மாற்றம் படிப்படியாகக் குறைவது விலங்கின் உடலமைப்பில் ஏற்படும் மாற்றத்தின் காரணமாகவே ஆகும். உடல் உருவ அளவுடன் வளர்சிதை மாற்றத்தின் அளவு மாறுவதும் திசுக்களின் வெப்பக் கடத்து திறன் மாறுவதும் ஒரே பொருளுள்ளவை எனலாம். இளமையில் உடல் வெப்பநிலை அதிகமாயிருப்பதும், வளர்சிதை மாற்றம் அதிகமாயிருப்பதும் ஒத்துவருகின்றது. ரூப்னர் (Rubner) என்பார் வளர்சிதை மாற்றம் விலங்கின் உடல் பரப்பைப் பொறுத்தது எனக் கருதினார். ஆனால் அப்படிச் சொல்வதைவிட, வளர்சிதை மாற்றம், மாற்றமடையும் நிறை, வெப்பப் பராமரிப்பு அளவு, உடலின் வெப்ப இயக்கவியல் அமைப்பின் பொதுநிலை போன்ற பல அம்சங்களின் கூட்டு விளைவே என்று கூறுவது இன்னும் பொருத்தமாகும்.

வளர்சிதை மாற்றம், விலங்கின் நிறை, பரிமாணம், வெப்ப நிலை ஆகியவற்றை மட்டுமே பொறுத்திருப்பதாகக் காட்டலாம். எடுத்துக்காட்டாக தைராய்டு ஹார்மோன் போன்ற வெப்ப மூட்டும் பொருள்களை உடலுட் செலுத்தினால் வளர்சிதை மாற்றம் அதிகரிக்கிறது. அலகுப் பரப்பிற்கான வெப்ப இழப்பும் அதிகரிக்கிறது. ஆனால் உடல் வெப்பநிலை மாறுவதில்லை. அதே போல சுரமாக இருக்கும்போது வளர்சிதை மாற்றம் அதிகரிக்கிறது. உடலில் தோற்றுவிக்கப்படும் உபரி வெப்பம் தோலின் தன்மைக்குத் தக்கபடி மாற்றத்திற்குட்பட்டு வெளியேற்றப் படுகிறது.

குளிர் இரத்தப் பிராணிகளுக்கு வெப்பம் ஒரு கழிவுப் பொருளே. ஆனால் வெப்ப இரத்தப் பிராணிகள் இந்த வெப்பத்

தில் ஒரு பகுதியை உடலைச் சீராக வைத்துக் கொள்ளவும இயக்கவும் பயன்படுத்தக் கற்றுக் கொண்டு விட்டன.

மனிதன் வெளியில் ஏற்படும் வெப்பநிலை மாற்றங்களுக்குத் தக்கபடி தன் உடைகளின் தன்மை மற்றும் அளவை மாற்றிக் கொண்டு விலங்குகளைவிடத் திறமையாக தகவமைகிறான். இத்தகைய பொருள்கள் வெப்பக் காப்புப் பொருள்கள் எனப் படும். கடும் குளிரிலிருந்து உடலைப் பாதுகாத்துக் கொள்வது எளிதே. உடலின் வெப்ப நிலையை மாறாமல் வைத்துக் கொள்ள ஏற்ற வெப்ப இழப்பை, அடிப்படை வளர்சிதை மாற்றத்தை யும், கொடுக்கப்பட்ட சூழ்நிலையில் வளர்சிதை மாற்றத்தை யும் கண்டுபிடிக்கலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட தாழ்ந்த வெப்ப நிலைக்குத் தக்க காப்புப் பொருளின் தடிமனைக் கண்டுபிடிக்க $\frac{dQ}{dt} = K \frac{\Delta T}{\Delta h}$ எனும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம். இதில் $\frac{dQ}{dt}$ என்பது தோலின் அலகுப் பரப்பின் வழியாக ஏற்படத்தக்க வெப்ப இழப்பு வீதம், K என்பது காப்புப் பொருளின் வெப்பக் கடத்து எண், ΔT என்பது உடலின் வெப்ப நிலைக்கும் சுற்றுப்புற வெப்ப நிலைக்கும் இடையிலான வேறுபாடு, Δh காப்புப் பொருளின் தடிமன் ஆகும்.

உடைகளைத் தயாரிக்கும்போது உடலில் தோன்றும் ஈரத்தையும் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். வெளி வெப்பநிலை 0°Cக்குக் குறைவாயிருந்தால் உடல் வியர்வை உறைந்து துணி யின் கடத்துதிறனைப் பாதித்துவிடும். உடைகளின் வெப்பக் காப்பு திறனை (Insulative value) அளப்பதற்காக காகி (Gragge) ஆகியோர்கள் க்ளா (clo) எனும் அலகை உருவாக்கியுள்ளனர். காற்றின் வெப்பநிலை 21°C; ஒப்பு ஈரப்பதன் 50%, காற்று வேகம் 10 செ.மீ./விநாடி ஆகிய சூழ்நிலைகளில் ஒரு மனிதன் அமைதியாக உட்கார்ந்திருக்கும்போது (வளர்சிதை மாற்றம் = 50 கலோரிகள்/சதுரமீட்டர்/மணி) தோலின் வெப்பநிலையை 33°C அளவில் பராமரிக்கத் தேவையான வெப்பக்காப்பு பொருளின் அளவு ஒரு க்ளோ எனப்படுகிறது. இந்தச் சூழ்நிலை களில் மூச்சு விடுவதாலும், உடலின் திறந்த பகுதியிலிருந்தும் இழக்கப்படுகின்ற வெப்பம் மொத்தத்தில் 24% மீதியுள்ள வெப்ப இழப்பு உடையின் வழியாக நிகழும். ஒரு க்ளோ அலகின் காப்பு மதிப்பைப் பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$\frac{33°C - 21°C}{50 \times \cdot 76 \text{ கலோரி/ச. மீ. மணி}} = 0 \cdot 32°C$$

= ஒரு கலோரி/ச. மீ. மணி வெப்பக் கடத்தலுக்குத் தேவையான வெப்பநிலை வேறுபாடு. இதில் 0·14 C என்பது உடைக்கும் உடலுக்குமிடையிலுள்ள காற்றின் காப்பு மதிப்பு. எனவே துணியே ஒரு கலோரி/ச. மீ. மணி வெப்பக் கடத்தலுக்கு 0·18°C வெப்பநிலை வேறுபாடு தேவைப்படும்படியான காப்பு மதிப்பு உள்ளதாக இருக்கிறது.

இவ்வாறு எந்த வெப்ப நிலையிலும் சௌகரியமாக இருக்கத் தேவையான காப்புத் திறனுள்ள துணியின் அளவைக் கணக்கிட்டு விடலாம். ஒரு அங்குல தடிமனுள்ள காற்றுப்படலம் 6·9 க்ளோ மதிப்பு உடையது. ஆகவே காற்றடைந்த கம்பளி, மயிருள்ள தோல் ஆகியவற்றாலான உடைகள் லேசாக இருப்பதோடு சிறந்த பாதுகாப்பு தருபவையாயுமிருக்கின்றன.

குறைந்த வெப்பநிலைகளில் உடல் வெப்ப நிலையைப் பராமரிக்கத் தேவைப்படும் வெப்பத்தில் பெரும் பகுதி மூச்சுக் காற்றின் வழியாக வெளியேறி விடுகிறது. வெளிக்காற்றின் வெப்பநிலை குறையக் குறைய இவ்வாறு வெளியேறும் வெப்பத்தின் அளவும் அதிகரிக்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் உடலின் வெப்பநிலையைப் பராமரிக்கத் தேவைப்படும் எல்லா வெப்பமும் நுரையீரலின் வழியாக வெளியேறிவிடும். அந்த அளவிற்குக் கீழ்ப்பட்ட வெப்பநிலைகளில் எவ்வளவு பாதுகாப்பான உடையணிந்திருந்தாலும் உயிர்வாழ முடியாது. இந்த கீழ்வரம்பு ஏறக்குறைய—60°F அல்லது—50°C எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

மலையேறிகள், விமானிகள் போன்ற உயரங்களில் பணிபுரிவோரின் உடைகளின் கவனத்தைக் குறைப்பதற்காக இராணுவத்தில் மின்சாரத்தால் சூடாக்கப்படும் உடைகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர். சில அவசரமான சந்தர்ப்பங்களில் தீயணைப்போர் எரியும் கட்டிடங்கள் அல்லது எண்ணெய்க் குட்டைகளில் நுழைந்து பணிபுரிவதற்கேற்ற தனிவகை உடைகள் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவை வெப்பங்கடத்தாத பொருள்களாலும், பிரதிபலிக்கின்ற படலங்களாலும் ஆனவை. அவை தீயணைப்புப் படையினருக்கு ஆபத்துகளிலிருந்து பாதுகாப்பு தருகின்றன.

நீர்வாழ் விலங்குகளின் சுற்றுப் புறங்கள் அதிக வெப்பநிலை வேறுபாட்டிற்கு ஆளாவதில்லை. ஆனால் தரைவாழ் விலங்குகள் 58°C வரை சூடாயுள்ள பாலைவனங்களிலும்-43°C வரை குளிர்ந்த துருவப் பகுதிகளிலும் வாழவேண்டியிருக்கிறது. மனிதன் தனது

தொழிலியல் முன்னேற்றத்தின் விளைவாக இதைவிட அதிகமான வெப்பநிலை வரம்புகளுக்கு உட்படுகிறுன். விண்வெளியில் பறக்கும்போது—67°C வரை குளிர்ந்த படலங்கள் வழியாகவும் 180°C வரை சூடான படலங்கள் வழியாகவும் செல்லவேண்டி யிருக்கிறது. தொழிற்சாலைகளிலும் வரம்பு மீறிய வெப்பச் சூழ் நிலைகள் தோன்றுகின்றன. சூளைகள், உலைகள் ஆகியவற்றிற்கு அருகில் செல்லும்போது சுமார் 260°C வரையிலான வெப்ப நிலைக்குச் சில விஞடிகள் உட்பட வேண்டியிருக்கிறது. சுரங்கங் களிலும் பாலைவனங்களிலும் நுரையீரல் சூடானகாற்றை உள் ளிழுக்கிறது. இவ்வகைப் பிரச்சினைகளைச் சமாளிக்க மனிதனின் தாங்குதிறனைப் (Tolerance) பற்றித் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும்.

மனிதனின் தாங்குதிறன் அவன் ஆட்படுகின்ற சூழ்நிலை யின் ஈரப்பதனுலும், ஆட்படுகின்ற நேரத்தாலும் மாறுகிறது. மிகச் சூடான சூழ்நிலைகளில் உடலின் வெப்பநிலைக் கட்டுப்பாடு அமைப்புகள் போதுமான அளவு செயல்பட முடியாமல், உட லின் வெப்பநிலை உயர்கிறது. அதேபோல மிகக் குளிர்ந்த சூழ் நிலைகளில் உடலின் வெப்பநிலை குறைகிறது. உடலின் வெப்ப நிலை சில டிகிரி சென்டிகிரேடுகளுக்கு மேல் உயர்ந்துவிட்டால் வளர்சிதை மாற்றங்கள் தடுக்கப்பட்டு, சரி செய்ய முடியாத சேதங்கள் ஏற்பட்டுவிடலாம். அதேபோல வெப்பநிலை குறைந் தாலும் வளர் சிதை மாற்றங்கள் தடுக்கப்படும். உயர் வெப்ப நிலைகளில் ஆவியாதலினுல் ஏற்படும் வெப்ப இழப்புகள் முக்கிய மானவையாதலால், சுற்றுப் புறங்களின் ஈரப்பதன் தாங்கு திறனை நிர்ணயிப்பதில் முக்கியமானது என்பது வெளிப்படை. அதேபோல உடலுக்கும் சுற்றுப்புறத்திற்குமிடையிலான வெப்ப நிலை வேறுபாடு அதிகரிக்க அதிகரிக்க வெப்பம் பெறதலோ இழக்கப்படுதலோ விரைவாக நிகழ்ந்து தாங்கமுடியாத நிலை ஏற்பட்டுவிடுகிறது. அப்போது வாந்தி, பார்வைக் கோளாறு, நினைவு மங்கல் ஆகியவை ஏற்படும்.

சிகிச்சைக்குப் பயன்படும் வெப்பம்

கிறிஸ்து பிறப்பதற்கு 1000 ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே வெப் பத்தின் நோய் தீர்க்கும் குணங்களை மக்கள் அறிந்திருந்தனர். ஹோமர் எனும் கவி வென்னீர் ஒத்தடம் கொடுப்பதைப்பற்றிக் கூறியுள்ளார். ஆனுல் அதன் விஞ்ஞான அடிப்படை 1840ல் கெய்பாட் என்பவரின் ஆராய்ச்சிகளுக்குப் பின்னர்தான் ஆராயப்பட்டது. கேளா ஒலிகள், மைக்ரோ அலைகள், சிற்றலை

சிகிச்சை ஆகியவை அவற்றின் வெப்பமூட்டு இயல்பினுலேயே நோய்தீர்க்கின்றன.

தல அல்லது தனிமைச் சூடாக்கல் (Local Heating)

ஒரு திசுவின் வெப்பநிலை அதிகரித்தால் அதன் வளர்சிதை மாற்றம் அதிகரித்து அதன் வழியாக இரத்த ஓட்டம் அதிகரிக்கிறது. இது சூடாக்கப்பட்ட பரப்பில் அமைந்துள்ள வெப்பம் உணர் அமைப்புகளின் தன்னிச்சைச் செயலாலும் சூட்டினுல் நுண்தமனிகள் விரிவடைவதாலும், வளர்சிதை மாற்ற விளை பொருள்கள் ஏற்படுத்தும் விரிவினுலும் ஏற்படுகிறது. அதிகரித்த இரத்த ஓட்டத்தினுல் அதிகமான ஆக்சிஜன் திசுக்களுக்கு வருகிறது. திசு கழுவப்படுகிறது. நோய் எதிர்ப்புக்கான இரத்தப் பாதுகாப்பு வலுவூட்டப்படுகிறது. திசுக்களின் தற்காப்பு ஏற்பாடுகள் தூண்டப்படுகின்றன. நிணநீர்க் குழாய்கள் விரிந்து அதிக அளவில் நிணநீர் பாய்கிறது. இதனுல் திசுக்களிலிருந்து நச்சுகள் விரைவாய் வெளியேற்றப்படுகின்றன.

இதைத் தவிர வெப்பமே ஆறுதலூட்டும் இயல்புடையது. இதுவரை புரிந்துகொள்ள முடியாத ஒருவழியில் வெப்பம் திசுக்களிலிருந்து வலியை நீக்கிவிடுகிறது. சதை இறுக்கம், துடிப்பு ஆகியவையும் வெப்பத்தினுல் சமனமடைகின்றன. வெப்பம் செலுத்தப்படுகையில் வெள்ளை அணுக்கள் அதிகமாய்த் தோன்றி நோய் எதிர்ப்பு வலுவடைகிறது. வெப்பத்தினுல் செல் சவ்வுகளின் பரவவிடும் தன்மை அதிகமாகி ஊட்டச்சத்துகள் விரைந்து செல்களுக்குள் பரவி குணப்படுதலை விரைவு செய்கின்றன. மூட்டுச் சம்பந்தப்பட்ட கோளாறுகளில் இது முக்கியமானது.

7700—14000°A அலை நீளமுள்ள கீழ்ச் சிவப்புக் கதிர்கள் முக்கியமாக தனிமைச் சூட்டிற்குப் பயன்படும். டங்ஸ்டன் இழை விளக்குகளில் கீழ்ச் சிவப்புக்கதிர்களை மட்டும் வெளிவிடக்கூடிய கண்ணுடி லென்சுகளைப் பொருத்தி கீழ்ச் சிவப்புக்கற்றைகள் வெளிவருமாறு செய்யப்படும். செப்பு அல்லது வெள்ளியிலான எதிரொளிப்புப் பரப்புகள் தேவைப்படும் இடத்தில் வெப்பக் கற்றையைக் குவிக்கவும் சீராகப்பரப்பவும் பயன்படுகின்றன. சாதாரணமாக ஒரு நாளில் நோய்க்குத் தக்கபடி ஒன்றிலிருந்து முப்பது நிமிடங்கள் வரை கற்றை செலுத்தப்படும். ஒத்தடங்கள், பற்றுகள், மின்சூட்டு சாதனங்கள், வென்னீர் ஊறல், சூடான பாரபின் தடவுதல் ஆகியவை நேரடியாகக் கடத்தல் முறையில் வெப்பம் செலுத்தும் முறைகள் 120°F க்கு சூடாக்கப்பட்ட பார

பினைப் பாதிக்கப்பட்ட பரப்பின் மேல் தடவிவிட்டு அரை அல்லது முக்கால் மணி நேரம் வைக்க வேண்டும்.

வெப்பச் சிகிச்சை தசை அல்லது மூட்டுப்பிடிப்பு (Rheumatoid) மூட்டுவீக்கம் (Arthritic) வகைக் கோளாறுகளுக்கு ஏற்றது. சுளுக்கு, எலும்புபிசகல் போன்றவற்றிற்கு கதிர்வீச்சு சிகிச்சை ஏற்றது. மூக்கில் சளிச்சவ்வுகள், வீக்கமடைந்தால் கீழ்ச் சிவப்புக்கதிர்கள் சிகிச்சை செய்யப் பயன்படும். ரேனுட் நோய் போன்ற புறப்பரப்பு வியாதிகள், த்ரோம்போ அங்கிடிஸ் ஆப்லிடரான்ஸ் போன்ற நோய்களுக்கும் கதிர்வீச்சு நலம் செய்யும். ஆனால் இத்தகைய நோய்களில் தோலுக்கு இரத்த ஓட்டம் குறைவுபட்டிருப்பதால், வெப்பக்கடத்தல் தடுக்கப்பட்டு தோல் வெந்துபோகும் வாய்ப்புண்டு. வெப்பமேற்படுவதால் வளர்சிதை மாற்றம் அதிகரித்து வளர்சிதை மாற்றப் பொருள்களும் அதிகமாய் உற்பத்தியாகியிருக்கும். இதனால் திசுக்கள் எளிதில் சேதமடைந்துவிடும். ஆகவே இத்தகைய சமயங்களில் கதிர் வீசலைக் கவனத்துடன் பயன்படுத்தவேண்டும்.

பனிவெடிப்பு, கை, கால் மூட்டுகளில் வலிபோன்ற நோய்களுக்கு பாரபின் பூச்சு ஏற்றது. கேளா ஒலிகள், மின்சாரத்தால் சூடாக்கல் (Diathermy) ஆகியவை உடலினுள் ஆழமாக நிலை கொண்டுள்ள கோளாறுகளைச் சீர் செய்ய உதவும். ஏனெனில் அவை நன்கு ஊடுருவிச் செல்லக்கூடியவை. இவை எலும்புக் கோளாறுகள், அடிவயிறு, ஜனன உறுப்புகள் ஆகியவற்றின் கடும்வீக்கம், நெஞ்சடைப்பு, நியூரிடிஸ், நியூரால்ஜியா போன்ற நோய்களுக்கு சிகிச்சை தர ஏற்றவை.

தனிமைச்சூட்டை சுரநிலையிலுள்ள, சீழ்பிடிக்கக்கூடிய வீக்கங்களுக்கு சிறப்பாக வடிதல் பாதிக்கப்படும்படியான நிலைகளில் பயன்படுத்தக்கூடாது. அதே சமயத்தில் இரத்தப் பெருக்கு ஏற்படக்கூடிய இடங்களிலும் பயன்படுத்தக் கூடாது. ஏனெனில் சிறு இரத்தக் குழாய்களில் அழுத்தம் அதிகரிக்கும் போது அவை வெடித்துவிடும். சிலவகை ட்யூமர்கள் வெப்பத்தினால் அதிக வளர்ச்சியுறுகின்றன. அங்கும் வெப்பம் பயன்படாது.

வெப்பத்தை முழுமையாகச் செலுத்துவது செயற்கையாக சுரத்தை உண்டாக்குவதாகும். அதற்கெனத்தனி அறைகள் இருக்கும். அவை உயர்ந்த வெப்ப நிலையிலோ அல்லது தெவிட்டிய நீராவி நிரம்பியோ, அல்லது சூடான நீர்த் தொட்டி

களிலோ இருக்கும். உடம்பை கனமான போர்வைகளால் மூடியும் இந்த நிலையைத் தோற்றுவிக்கலாம்.

105·8°F வெப்பநிலையில் ஒரு மணி நேரத்திற்குள் அழிந்து விடுகின்றன. மற்ற கிருமிகள் அழிந்தோ வளர்ச்சி தடைபட்டோ போகின்றன. குனேரியாவிற்கு மிகு சூடு (Hyper thermic) சிறப்பாக சிகிச்சை செய்கிறது. அப்போது தோன்றும் ஏராளமான வெள்ளை அணுக்களே இதற்குக் காரணம் என டோன் (Doan) காட்டுகிறார்.

குளிர்ச்சியின் மருத்துவப் பயன்கள்

இரத்த ஓட்டத்தைக் குறைப்பதற்கும், வலிமரப்பு செய்வதற்கும் பாக்டீரியா வளர்ச்சியைத் தடை செய்வதற்கும், தளர் வடைவதற்கும் குளிர்ச்சி பயன்படுகிறது. இதனால் வளர்சிதை மாற்றம் குறைந்து திசுக்களுக்குத் தேவைப்படும் ஆக்சிஜன் அளவும் குறையும்.

நோயுற்றப்பகுதிகளுக்குக் குளிர்ச்சியூட்டுவது எளிதே. பனிக் கட்டிகளைப் பாதிக்கப்பட்ட இடத்தில் வைப்பது, குளிர்ந்த நீரில் மூழ்க்கிவைப்பது போன்ற முறைகளே போதுமானவை. தலை வலிக்குப் பனிக்கட்டியை நெற்றியில் வைப்பது நலம் தரும்.

அறுவை சிகிச்சைகளில் மிகு குளிர்ச்சி (Hypothermia) சிறப் பாகப் பயன்படுகிறது. உடல் வெப்பநிலை போதுமான அளவு குறையும்போது நாடித்துடிப்பு குறைந்து இருதயத்தின் இயக்கமும் குறைகிறது. இதய அறுவைக்கு இது உதவியாயிருக்கும். அறுவைக்குப்பிறகு அறுத்து நீக்கப்பட்ட முனைகளில் பனிக் கட்டியை வைப்பது அதிர்ச்சியையும் கிருமி தொற்றுதலையும் குறைத்து நீர் கோர்த்தலையும் குறைக்கிறது. சூட்டைப்போல குளிர்ச்சி திசுக்களுக்கு அபாயம் விளைவிப்பதில்லை. எனவே உடல் முழுவதையும் 43°F குளிர்ச்சியில் சேதமேற்படாமல் நீண்ட நேரத்திற்கு வைக்கலாம். இதற்கும் குறைந்த வெப்ப நிலைகள் பனிவெடிப்பையும் சேதத்தையும் ஏற்படுத்தும்.

சில திசுக்களிலிருந்தோ அல்லது முழு உடம்பிலிருந்தோ வெப்பத்தை எடுப்பதும், அவற்றிற்கு வெப்பத்தைத் தருவதும் சிலநோய் நிலைகளுக்கு நன்மை தருகிறது என்பதைக் கண்டோம். இவ்வாறு செய்வது பத்திரமானது. அதே சமயத் தில் சில இடர்பாடுகளும் உள்ளன என்பதை நினைவு கொள்ள வேண்டும்.

20. உயிர் ஒலியியல்
(Bio Acoustics)

இங்கு நாம் ஒலி விளைவு எனக்குறிப்பிடுவது பொருள்களின் அதிர்வு ஆகும். அந்த அதிர்வுகள் காற்றில் பரப்பப்படும் போது, அதிர்வெண் தக்கதாக இருந்தால் காதில் ஒலி உணர்வு தோன்றும். அப்படியின்றி அதிர்வெண்மிக அதிகமாயிருக்கும் போது அவை உடலில் ஏற்படுத்தும் விளைவுகளைப் பற்றி நாம் பார்ப்போம்.

ஒரு அலகுப் பரப்பின் வழியாக ஒரு விஞடியில் பரவும் ஆற்றல் ஒலிச் செறிவு எனப்படும். அது ஜுல்கள்/மீ² விஞடி எனும் அலகுகளில் அளக்கப்படும். இது அலகுக் குறுக்குப் பரப்பும், ஒலியின் வேகத்திற்குச் சமமான நீளமும் உள்ள ஒரு உருளைக்குள் அடங்கிய ஆற்றலுக்குச் சமம்.

ஒரு அலையின் வீச்சு (Amplitude) என்பது அதில் தோன்றும் பெரும அழுத்த வேறுபாடாகக் குறிப்பிடப்படுகிறது. அதை அழுத்த மட்டம் (Pressure level) என்று சொல்லாம். அது அழுத்த அலகுகளில் (டைன்கள்/செ·மீ²) அளக்கப்படும். காதுகளுக்கு புலஞகக்கூடிய சிறும அழுத்தமட்டம் 0·0002 டைன்கள்/செமீ.² காதுக்கு புலஞகும் அழுத்தமட்டம் 200 டைன்கள்/செமீ.² வரை நீடிக்கிறது.

காதின் உணர்வுச் செறிவு (Intensity of Sensation) h, அழுத்த மட்டம் g இவற்றிற்கிடையிலான உறவை $h \propto \frac{\Delta g}{g}$ எனக்குறிப்பிடலாம் (1)

அதாவது துவக்க ஒலி மட்டம் அதிகமாயிருந்தால், அதில் அதிகமான மாற்றம் ஏற்பட்டால்தான் வளர்ச்சி தோன்றும்.

ஆனால் துவக்க ஒலிமட்டம் குறைவாயிருக்கும் போது சிறிய மாற்றம் கூட உணரப்படும். (1)ம் சமன்பாட்டை $h_1 - h_2 = \log \frac{g_1}{g_2}$ என்றும் எழுதலாம் (2)

இதில் h_1 h_2 என்பவை முறையே g_1, g_2 எனும் அழுத்த மட்டங்களுக்கான உணர்ச்சி மட்டங்கள். இந்த சமன்பாடு வெபர்-பெச்னர் விதி எனப்படுகிறது.

ஒலி மட்டங்களை பத்தின் மடிகளாகக் குறிப்பிடலாம். இந்த முறையில் அலகு பெல் எனப்படும். துவக்க மட்டத்தைப் பத்து மடங்கு அதிகரிப்பதானது ஒரு பெல் அதிகரிப்பதாகச் சொல்லப்படுகிறது. அதேபோல துவக்க மட்டத்தைப் போல பத்தில் ஒரு பங்கு குறைவது ஒரு பெல் குறைவதாகச் சொல்லப் படும். பெல் அலகு டெசி பெல் எனப்படும் பத்து சமபாகங்களா கப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த அளவு முறையில் காதிற்கான செறிவு நெடுக்கம் 120 டெசி பெல்களாகும். காதில் புலப்படத் தேவையான சிறுமச் செறிவு அழுத்த மட்டமான 0·0002 டைன்கள்/செமீ^{2} என்பது மேற்கோள் அழுத்தமாக (reference pressure) கொள்ளப்படுகிறது. இந்த நிலையில் ஆற்றல் கடத்தல் 10^{-16} வாட்கள்/செமீ^{2} ஆகும்.

ஒரு ஒலிக்கும் கருவி எந்திர ஆற்றலை அதிர்வு ஆற்றலாக மாற்றுகின்றது. கொம்புகள் ஊதல்கள் போன்ற இசைக் கருவி கள் எல்லாம் இத்தகையவே. அவை ஒலி தூண்டிகள் (Acoustic Transducers) எனப்படும். ஒரு பொருள் ஒரு தூய ஒலியைக் கொடுக்குமாறு அதிர்வடையட்டும். அது அதிரும் போது X தொலைவு இடப்பெர்ச்சி அடையும். நேரத்தைப் பொறுத்து இடப்பெயர்ச்சியை X = Asinwt எனக்குறிக்கலாம். (3)

பொருள் ஒரு முறை முழு அதிர்வு செய்வதற்கான அலைவு நேரம் T, கோணத்தின் அதிர்வெண் w எனில் $T = \frac{2\pi}{w}$

ஒலியின் அதிர்வெண் $f = \frac{x}{2\pi}$

பொருளின் திசைவேகம் $v = \frac{dx}{dt} = w A \sin w t$

முடுக்கம் $= \frac{d^2x}{dt^2} = -w^2 A \sin wt$

பொருளின் நிறை M எனில், அதன் ஆற்றல் $E = \frac{1}{2} M w^2 A^2$

ஒவ்வொரு சுழலின் போதும் இருமுறை இந்த ஆற்றல் இயக்க ஆற்றலிலிருந்து நிலையாற்றலாகவும், அதிலிருந்து மீண்டும் இயக்க ஆற்றலாகவும் மாறுகிறது.

கருவையச் சுற்றியுள்ள பொருள் அதிரும் பொருளிலிருந்து தொடர்ந்து ஆற்றலைப் பெறுகிறது. சுற்றுப் புறப்பொருள் விரைப்பான, அதிரக்கூடிய பொருளாக இருந்தால் அது அதிரும் பொருளால் அதிர்வூட்டப்படும். பின்னர் தன்னோடு தொடர்புள்ள மற்ற பொருள்களுக்கு அதிர்வு ஆற்றலைப் பரப்பும் சிறிது ஆற்றலை வெப்பமாக மாற்றும்.

அவ்வாறின்றி எல்லையின்றிப் பரந்த நெகிழும் பொருளாக இருந்தால் அது ஒரு ஊடகமாகச் செயல்படுகிறது. அதிரும் பொருள் ஊடகத்தில் அலையியக்கத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. அதிர்வு ஆற்றல் பொருளிலிருந்து ஒலியாகப் பரவுகிறது.

உடல் வழியாக ஒலி ஆற்றலைச் செலுத்தும் போது முக்கியமாக மூன்றுவகையான விளைவுகள் தோன்றும். அவையாவன:

(1) வெப்பநிலை விளைவுகள்

(2) அழுத்தமாற்றங்கள்

(3) திரவப்பிரிகை.

வெப்பநிலை விளைவில் இருவகையுண்டு. இவை உடலில் தோன்றும் நெருக்க விலக்கங்களுக்குத் தக்கவாறு உள்ள வெப்ப நிலை மாற்றங்களும், ஒலி ஆற்றலை உட்கவருவதால் ஏற்படும் சீரான வெப்பநிலை உயர்வும் ஆகும். முதல்வகை விளைவு சிறிய அளவிலேயே ஏற்படுவதால் அது உயிரியல் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததல்ல. உடலில் ஒரு குறிப்பிட்ட தடிமனுள்ள ஒவ்வொரு படலமும் அதன் மேல்படும் ஆற்றலின் சமமான பின்னத்தை உட்கவருகிறது, அதாவது $I = I_0 e^{-\alpha x}$. இதில் I கடத்தப்படும் ஆற்றல், I_0 மேலே படும் ஆற்றல், x படலத்தின் தடிமன், α செறிவு உட்கவர் எண். மேல் பரப்பில் (x_0) ஒரு வினாடியில் அலகு பருமத்தால் உட்கவரப்பட்ட ஆற்றல் $E = \alpha I$ எனக்காட்டலாம்.

உட்கவரப்படும் ஒலி வெப்பமாக மாறுகிறது. 30 வாட்/செமீ² செறிவுள்ளதும் 0·98 மெகாசைகிள்/வினாடி அதிர்வெண்ணுள்ளதுமான ஒரு கேளா ஒலி (ultrasonic) அலை வினாடிக்கு 50°C வெப்பநிலை உயர்வைத் தோற்றுவிக்கும். ஒலி அலை

கள் திசுக்களில் தோற்றுவிக்கும் அழுத்தங்களை $P = (2PVI)^{\frac{1}{2}}$ எனக்குறிக்கலாம். இதில் P என்பது அடர்த்தி, V என்பது பரவல் வேகம், I என்பது செறிவு. ப்ரையும் அவர் சகாக்களும் நடத்திய சோதனைகளிலிருந்து 35 வாட்/செமீ² ஆற்றல் பாய்வு உள்ள ஒரு ஒலிக்கற்றை 10 வளிகள் வரை அழுத்த மாற்றங்களை ஏற்படுத்துவதாக தெரிகிறது. இது புரோட்டோ பிளாசத்தின் குணங்களை மாற்றியமைத்துவிடக் கூடியது.

அலை பரவல் அழுத்தமும் ஊடகப் பொருள்களின் பாகு நிலைப்பாய்வும் திசுக்களின் ஒலி உணர்வைப் பாதிக்கின்றன. இந்த விசைகள் ஊடகத்தின் பகுதிகளைப் பிரித்துவிடுகின்றன. இதனால் உயிரியல் பணிகள் மாற்றப்படும்.

வாயு மூலக்கூறுகள் சிறு கூட்டங்களாக இருக்கும்போது நீரியல் அழுத்தம் வெகுவாகக் குறைவதால் திரவப் பிரிகை ஏற்படுகிறது. அப்போது திரவப்படலங்கள் தனித்தனியாக பிரிந்து விடுகின்றன. இந்த வாயுமையங்கள் விரிவடையும் போது மற்ற மூலக்கூறுகள் அப்பகுதியில் நுழைந்து ஒரு வாயுக் குமிழி உருவாகி வளர்கிறது. இது கூடாதல் (Cavitation) எனப் படும். கேளா ஒலிகளின் பல்வேறு விளைவுகள் தோன்ற கூடாதல் தேவைப்படுறது. குலுக்கினால் பாகுநிலை குறைகின்ற தன்மையுள்ள (Thixotropic) களிகள் திரவமாவது கூடாதலைப் பொறுத்துள்ளது. சில பொருள்களின் பாகுநிலை குறைய கூடாதல் தேவைப்படுகிறது. தனிசெல்கள் சிதைவது கூடாதல் ஏற்படுவதைப் பொறுத்திருக்கிறது.

கேள்வரம்பிலுள்ள அதிர்வெண்களுடன் மிகவும் செறிவுள்ள ஒலிகள் உள் காதின் அமைப்பைக் கெடுத்து விடுகின்றன. இவை 95-100 டெசிபெல் போன்ற குறைந்த செறிவுகளில் கூட ஏற்படும். ஒலிச்செறிவு 800சைகில்/வினாடி அதிர்வெண்ணுள்ள ஒலியின் செறிவு சுமார் 3கிலோ வாட் அளவை அடையும் போது கண்கள் பஞ்சடைகின்றன. ஐந்திலிருந்து எட்டு கிலோவாட் வரை எலும்பு, தசைக்கட்டுப்பாடு மறைந்து முடக்கம் ஏற்படுகிறது. இந்த நிலைகளில் ஞாபக சக்தி முற்றிலுமாக மறைந்து விடுகிறது. முகம் தளர்ச்சி அடைந்து தாடை தொங்கிவிடும்.

14 கிலோ சைகிள்/வினாடி அதிர்வெண்ணுள்ள ஒலி 4கிலோ வாட் செறிவுள்ளதாக இருக்கும்போது அலை அழுத்தம் கணிசமாகி செவிப்பறைகள் உள்ளே இழுக்கப்படுகின்றன. இதனால் பல மணி நேரத்திற்குக் கடுமையான வாந்தி ஏற்படும். செறிவு அதிகமாயிருக்கும் போது வாந்தி ஏற்படுவதில்லை.

மூன்றிலிருந்து 19 கிலோ சைகிள்/வினாடி வரை அதிர்வெண்களில் 2 கிலோவாட் செறிவுள்ள ஒலிக்கற்றையை ஒரு விசைச் சங்கிலிருந்து தோற்றுவித்து கற்றைபடும்படி மூடிய கையை நீட்டினால் எரிச்சல் உண்டாகிறது. கையின் வெப்பநிலை 45°C வரை உயர்கிறது. இரத்த ஓட்டம், இந்த வெப்பத்தின் விளைவைக் குறைத்து விடுகிறது.

20000க்கு மேற்பட்ட அதிர்வெண்கள் உள்ள கேளா ஒலிகள் உடலில் பலவித விளைவுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

உயர் செறிவுள்ள கேளா ஒலிகள் உட்கவரப்படுவதாலும் கூடாதலினாலும் வெப்பம் ஏற்படுகிறது. கூடாதலின்போது அவ்விடத்தில் உயர்ந்த வெப்பநிலை தோன்றுகிறது. கொழுப்புப் பொருளும் (Lipid), புரதமும் ஒலியாற்றலை உட்கவர்ந்து சூடாகின்றன. மற்ற பாகுநிலை குறைந்த பொருள்கள் கூடாதலினால் சூடடைகின்றன.

கடுமையான கேளா ஒலிக்கு ஆட்படுகின்றவர்கள் குழப்பமடைந்து நிலைதடுமாறுகிறார்கள். தவளைகள் 35 வாட்/செ. மீ^{2} செறிவுள்ள கேளா ஒலிக்கு ஆட்பட்டபோது 4·3 வினாடிகளுக்குள் பின்னங்கால்கள் முடக்கப்பட்டன. தவளைகளை வைத்து சோதித்தபோது புறப்பரப்பு நரம்புகள் பாதிக்கப்படவில்லை. ஆனால் தானாகச் செயல்படும் நரம்புகள் பல வினாடிகளுக்குப் பிறகு ஒடுக்கப்பட்டன. வெப்பநிலை உயர்வு முடக்க விளைவுகளுக்குச் சிறிதளவே காரணமாயிருந்தது. கூடாதலைத் தடுப்பதற்காக அழுத்தத்தை அதிகரித்தாலும் முடக்க விளைவு சிறிதளவே குறைந்தது. இவ்வாறு முடக்கம் ஏற்படுவதற்கான பௌதிக அடிப்படை இன்னும் முற்றிலுமாகக் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை. கேளா ஒலிகள் ஒரு செல் உயிரிகளை (Protozoa) கொன்று விடுவதாக உட், லூமிஸ் ஆகியோர் கண்டனர். பெரிய 'புரோட்டசோவா'க்கள் அதிகமாகப் பாதிக்கப்படுகின்றன. ஏனெனில் சிறிய விலங்குகளைவிட பெரிய விலங்குகளுக்குள் அழுத்தம் பெருமளவில் மாறுகிறது. மிகச் செறிவுள்ள கேளா ஒலிகளால் 'அர்பேசியா' முட்டைகள் அழிக்கப்படுகின்றன, இரத்த சிவப்பணுக்கள் அழிக்கப்படுகின்றன. சில பாக்டீரியா அழிக்கப்படுகின்றன. யீஸ்டு செல்கள் இனப்பெருக்க ஆற்றலை இழந்து விடுகின்றன. ஒளிரும் பாக்டீரியாதம் ஒளியை இழக்கின்றன.

கேளா ஒலியின் கொல்லும் தன்மை நேரடியான அல்லது மறைமுகமான கூடாதலினால் ஏற்படுகிறது. உயர் அழுத்தங்

களுக்கு உட்படுத்தப்பட்டபோது 'புரோட்டாசோவா'க்கள் கொல்லப்படுவது குறைகிறது. சூடாதலினாலும் நுண்ணிய குமிழிகள் உருவாவதாலும் செல் பொருள்கள் விரைவாக இயங்குவதே கேளா ஒலிகளின் கொல்லும் தன்மைக்குக் காரணம் என்று ஹார்வி (1944) நம்புகிறார். கேளா ஒலிகள் மீன், தவளை போன்ற பெரிய பிராணிகளையும் அவற்றின் முக்கியமான செல்களைத் தாக்கிக் கொல்லவோ, செயலற்றதாகவோ செய்கின்றன. கேளா ஒலிகள் கலவைகளை பால்மமாக்கவும், வாயு ஊடகத்தில் தொங்குநிலையிலுள்ள பொருள்களைத் திரளச் செய்யவும் கட்டி தட்டச் செய்யவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

கேளா ஒலிகளின் மருத்துவப் பயன்கள்

தனிப்பட்ட சூடாக்கல் தேவைப்படுகின்ற நோய்களுக்கு குறைந்த செறிவுள்ள கேளா ஒலிக் கற்றைகளைப் பயன்படுத்தலாம். திசுக்களின் அடர்த்தி மாறுவதாலும் திசுச் சுவர்களின் தன்மையினாலும் திசுக்கள் கேளா ஒலிக் கற்றையால் தூண்டப்படவேண்டுமெனத் தெரிகிறது. எலும்பு அமைப்பு குறிப்பாக கேளா ஒலி சிகிச்சைக்கு சாதகமாக உள்ளது. உயர் செறிவுள்ள கேளா ஒலிகள் திசுக்களை அழித்து விடுகின்றன. ஆர்த்ரிடிஸ், லம்பாகோ, ஷியாடிகா, நியூரிடிஸ், மயோசிடிஸ், மயால்ஜியா, ருமாடிசம், பைப்ரோசிடிஸ் போன்ற வியாதிகள் கேளா ஒலிகளால் குணப்படுத்தப்படுவதாக தெரிகிறது. இவற்றில் பலவற்றின் காரணங்கள் தெரியவில்லை. ஆகவே இவற்றைக் குணப்படுத்துவதில் கேளா ஒலிகளின் பயன் சர்ச்சைக்கிடமானதே.

பெரும்பாலான கேளா ஒலியாக்கும் கருவிகளில் ஒரு மின்சார அதிர்வியும், ஆற்றல் பெருக்கியும் இருக்கும். அவற்றிலிருந்து வரும் ஆற்றலை ஒரு பீசோ எலக்ட்ரிக் படிகத்தில் செலுத்தப்படும். படிகம் கேளா ஒலி ஆற்றலை வெளிவிடும். அந்த ஆற்றல் தோலில் ஒரு சிறிய பரப்பில் படுமாறு படிகம் அமைந்திருக்கும்.

0·5 வாட்/செ.மீ.^{2} அளவிலிருந்து 5 வாட்/செ. மீ.^{2} வரையான செறிவுகள் சிகிச்சைக்குப் பயன்படுகின்றன. ஆனால் 2 வாட்/செ. மீ.^{2}க்கு மேற்பட்ட செறிவுள்ள கற்றைகளை சில விநாடிகளுக்கு மேல் செலுத்தினால் தோல் சேதப்பட்டுவிடும். எனவே அத்தகைய கற்றைகளைச் செலுத்தும்போது கற்றை நோயுள்ள பகுதி மீது மேலும் கீழுமாக நகர்ந்து கொண்டேயிருக்குமாறு படிகத் தலையை இயக்கிக் கொண்டேயிருக்க

வேண்டும். இது தேய்ப்பு முறை (Massage technique) எனப்படும். இது போல தேவைக்குத் தக்கபடி ஒன்றிலிருந்து 20 நிமிடங்கள் வரை செய்யப்படும். ஆற்றல் தோலுக்குத் திறம்பட கடத்தப்படுவதற்கு உதவியாகத் தோலின் மீது எண்ணெயைத் தடவிவிட்டு ஒலித் தோற்றுவாயை அப்படலத்தின் மேல் நேரடியாக வைக்கலாம். அல்லது சிகிச்சை செய்யப்படும் பகுதியை ஒரு நீர்த் தொட்டியில் மூழ்க்கி வைத்து ஒலித் தோற்றுவாயை தோலிலிருந்து சில சென்டிமீட்டர் தொலைவிலிருக்குமாறு அமைக்கலாம். சில சமயங்களில் ஒலித் தோற்றுவாய்க்கும், தோலுக்குமிடையில் திரவம் அல்லது வாயு நிரம்பிய ஒரு பிளாஸ்டிக் அல்லது ரப்பர்பை வைக்கப்படுகிறது. இது தேய்ப்பு முறைக்கு ஏற்றது.

கேளா ஒலி நரம்புச் செயலைப் பாதிக்கிறது. அடி முதுகு (Sciatic) நரம்பின் வெப்பநிலை 48°C—52°C அளவில் அதிகரித்த போது செயல்திறமை பாதிக்கப்பட்டது. இன்னும் மேலான வெப்பநிலையில் செயல்திறமை மறைந்து விடுகிறது. கேளா ஒலியை நீக்கிய பின்னர் தசைகள் சீர் திருந்துவது அரைகுறையாகவோ அல்லது முழுமையாக இல்லாமலோ போயிற்று. நரம்புத் திசுக்கள் சிதைந்தன. டீபாரெஸ்ட் கேளா ஒலிகளை நாய்க் குட்டிகளின் மேல் செலுத்தினல், அவற்றின் எலும்புகள் சிதைந்து விடுவதாகக் கண்டிருக்கிறர். எலும்புகளின் முனைப் பகுதிகள் (Epiphygeal) முக்கியமாகப் பாதிக்கப்பட்டன. உயர் செறிவு கேளா ஒலிகள் உடலில் தாங்க முடியாத வேதனையைத் தோற்றுவிக்கின்றன. டெம்மல், லேமன் ஆகியோர் கருச் சிதைவு, மலடாக்கல் ஆகிய துறைகளில் கேளா ஒலிகளின் விளைவுகளை ஆராய்ந்து மிக அதிகமான வெப்பநிலையைத் தோற்றுவித்தால் தான் அவை சாத்தியம் என்று முடிவுகட்டுகிறர்கள். க்ருசன் (Krusen) ட்யூமர்களைக் கேளா ஒலியினல் அழிக்கலாம் எனவும் ஆனல் நலமான திசுக்களும் சேர்ந்து அழிந்து விடுகின்றன எனவும் கண்டார்.

கேளா ஒலிகளைச் செம்மையான சிகிச்சை சாதனமாகப் பயன்படுத்துவது இன்னும் முழுமை பெறவில்லை. வெப்பத்தினல் குணப்படுத்தக்கூடிய திசுக்களுக்கு கேளா ஒலி ஏற்றது எனலாம். ஆனல் இதுவும் சரியாயில்லாமலிருக்கலாம். வலிகளைக் குணப்படுத்த சிறப்பாக அறுவைக்குப் பிந்திய நியூரேமைப் ரோமாஸ் நோயைக் குணப்படுத்த கேளா ஒலி ஏற்றது எனத் தெரிகிறது. பீயர்மான் (Bireman) உடலினுள்ள வடுக்களை நீக்கக் கேளா ஒலியைப் பயன்படுத்தியுள்ளார்.

மூளை ட்யூமர்களைக் கண்டுபிடிக்கவும் இரத்த நாளங்களை இனம் காணவும் கேளா ஒலிகள் பயன்பட்டுள்ளன. உடலிலுள்ள வேற்றுப் பொருள்கள், பித்தப்பைக் கற்கள் (Gall stones) ஆகிய வற்றைக் கண்டுபிடிக்கவும் கேளா ஒலிகள் பயன்படுவதாகத் தெரிகிறது. குடலிலுள்ள முகோசா படலத்தின் தடிமனை அளக்க கேளா ஒலிகளைப் பயன்படுத்தும் முறை ஒன்றினை வைல்டு (wild) கண்டுள்ளார். கேளா ஒலிகள் நோய் இனங் காணவும், சிகிச்சை செய்யவும் பயன்படுவதற்கு நல்ல எதிர்காலமுள்ளது.

ஒலி உணர்வு :

காது ஒலியை உணர்வதற்குத் தேவையான சிறுமச் செறிவு 10^{-16} வாட்கள்/செ. மீ.^{2} எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இது 1000 சைகிள்/விநாடி அதிர்வெண்ணுடன் கிடைக்கிறது. இதன் வீச்சை $A = \sqrt{\frac{I}{2\pi^2 f^2 PV}}$ எனும் சமன்பாட்டிலிருந்து பெற லாம். இதில் A என்பது காற்று மூலக் கூறுகளின் அதிர்வு வீச்சு, I செறிவு 10^{-16} வாட்கள்/செ. மீ.^{2} f அதிர்வெண், P காற்றின் அடர்த்தி (0·00121 கிராம்/செ. மீ.^{3}), V காற்றில் ஒலியின் வேகம் (343 மீட்டர்கள்/விநாடி). எனவே $A = 8 \times 10^{-10}$ செ. மீ.

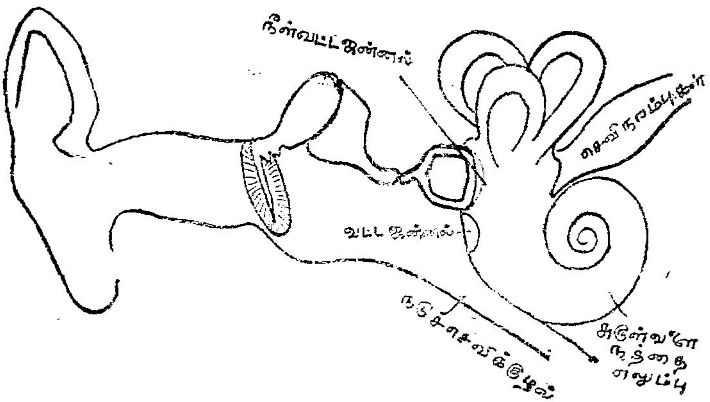
இந்த வீச்சுடன் அதிரும் மூலக்கூறு 4×10^{-9} செ. மீ. விட்டமுள்ளது. அதாவது, மூலக்கூறு அதிர்வின்போது தன் விட்டத்தில் $\frac{1}{50}$ பங்கே இடப்பெயர்ச்சி அடைகிறது. ஆனல் செவிப்பறை இதைப் போலப் பல மடங்கு அதிகமாக அதிர் வடைகிறது. இதற்கு வெளிச் செவிக்குழாய் ஒரு ஆற்றல் பெருக்கியாகச் செயல்பட்டு உதவுகிறது.

ஒலியின் செறிவிற்கும் அதோடு தோன்றும் அழுத்தத்திற் கும் இடையிலான உறவை $P_o = \sqrt{I \times 2PV}$ எனக்காட்டலாம். இங்கு P_o என்பது அதிர்வின்போது தோன்றும் பெரும அழுத்தம். எனவே உணர் துவக்கத்தில் (Threshold of audibility), $P_o = 2{\cdot}9^{-4}$ டைன்கள்/செ. மீ.^{2}.

காற்று மூலக்கூறுகள் அறை வெப்ப நிலையில் கண்டபடி அலைந்து கொண்டிருக்கும்போது 10^{-5} டைன்கள்/செ. மீ.^{2} அள வில் அழுத்தங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இதனல் செவியில் ஏற்படும் உணர்ச்சி வெப்ப ஒலிகள் (Thermal noises) எனப் படுகின்றது.

காதைப் புறச்செவி, நடுச்செவி, உட்செவி என மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம்.

காதின் அமைப்பு



படம் 99

வெளிக் காதுக் குழாயும் செவி மடலும் வெளிக் காதின் பாகங்கள். செவிக் குழல் 2·7 செ. மீ. நீளமுள்ளது. செவிக் குழலின் இறுதியில் செவிப்பறை அமைந்துள்ளது. செவிப் பறை இருபுறமும் எபிதீலியப் (புறப்படைத்திசு) படலங்களால் மூடப்பட்ட ஒரு இணைப்புத் திசுப் படலமாகும். அது ஒரு ஒலி பெருக்கியிலுள்ளது போல கூம்பு வடிவிலுள்ளது. அது நல்ல விறைப்புடன் விளிம்புகளில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் செவிப் பறையின் நடுப்பகுதி ஆசிகிள் எனும் சிற்றெலும்புத் தொடரின் முதல் எலும்பின் முனையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. செவிப் பறை சுமார் 90 சதுர மில்லி மீட்டர் பரப்புள்ளது.

நடுச்செவியில் மூன்று சிற்றெலும்புகள் உள்ளன. அவற்றில் முதலாவது சுத்தி (Malleus) எனப்படும். அது சுமார் 23 மில்லி கிராம் எடையும், 5·8 மி. மீ. நீளமும் உள்ளது. சுத்தி எலும்பு நடுச் செவிச் சுவருடன் டென்சார்டிம்பானி எனும் நார்த் திசுவால் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அடுத்தது 27·5 மிலி கிராம் எடையும் 7 மி. மீ. நீளமும் உள்ள பட்டறை (Incus) ஆகும். மூன்றுவது 2·5 மிலி கிராம் எடையும் 4 மி. மீ. நீளமும் உள்ள அங்கவடி (Stapes) ஆகும். அங்கவடியின் அடிப்பகுதி அவரை விதை வடிவிலிருக்கும். அது நத்தைக் கூடு போன்ற சுருள்

வளையின் நீள்வட்ட வடிவத் துளையில் நுழைந்திருக்கும். சுருள் வளையினுள் உள்ள திரவம் எலும்புத் தொடரிலிருந்து அதிர்வு களைப் பெறும். அந்த அடிப் பகுதியின் பரப்பு சுமார் 3 சதுர மில்லி மீட்டர் இருக்கும். பாம்புகளிலும் பறவைகளிலும் நடுச் செவியில் ஒரே எலும்பு செவிப்பறையை சுருள் வளை ஜன்ன லுடன் இணைக்கிறது.

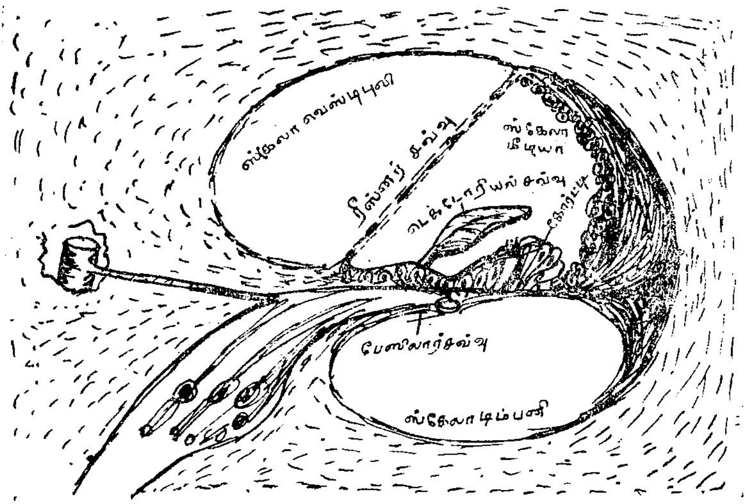
நடுச் செவியின் மொத்த பருமம் சுமார் 2 செ. மீ.^{3}. அதில் திடப் பொருள் 0·5—0·8 செ. மீ.^{3} பகுதியை அடைத்துக் கொள்கிறது. மீதிப் பகுதியில் காற்று நிரம்பியிருக்கும். செவிப் பறையின் இரு புறங்களிலும் காற்றழுத்தத்தை சரிக் கட்டுவதற் காக நடுச்செவிக் குழலால் தொண்டைப் பகுதியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சாதாரணமாக இது மூடியிருக்கும். அழுத்த வேறுபாடு ஏற்படும்போது மட்டும் திறக்கும். நடுச் செவியிலிருந்து எளிதாகக் காற்று வெளியேறும்படியும் ஆனல் நடுச் செவிக்குள் காற்று நுழைவது கடினமாயிருக்கும்படியும் இக்குழாய் வால்வு போலச் செயல்படுகிறது.

உட்செவியில் நாம் பார்க்க வேண்டியது சுருள்வளை (Cochlea) மட்டுமே. இது வர வர விட்டம் குறைகின்ற குழாய்ச் சுருளாகும். அது அடிப்பகுதியில் 9 மி. மீ. விட்ட முள்ளதாகும். சுருளைப் பிரித்து நீட்டினல் அதன் நீளம் சுமார் 35 மி. மீ. இருக்கும்.

இக்குழாய் மூன்று கால் வாய்களாகப் பிரிந்துள்ளது. நீள் வட்டத் துளையுடன் இணைந்த ஸ்கேலாவெஸ்டி புலி, நடுவி லுள்ள ஸ்கேலாமீடியா, அடியிலுள்ள ஸ்கேலாடிம்பனி. சுருள் வளையின் முனையில் ஸ்கேலா வெஸ்டி புலியும், ஸ்கேலா டிம்பனி யும், ஹெலிகோட்ரீமா (Helicotrema) எனும் திறப்பால் இணைக் கப்பட்டுள்ளன. இத்துளை இரு பகுதிகளுக்குமிடையில் அழுத்தச் சமநிலையை ஏற்படுத்த உதவுகிறது.

இக்குழாய்களில் 37°Cயில் 1·034 கிராம்/செ. மீ.^{3} அடர்த்தி யும் 0·0197 C.G.S. அலகுகள் பாகுநிலை எண்ணும் உள்ள திரவம் நிரம்பியிருக்கிறது. ஸ்கேலாமீடியாவுக்கும், ஸ்கேலாடிம்பனிக் கும் இடையிலுள்ள தடுப்பில் பேசிலர் சவ்வு, கோர்ட்டி (Corti) உறுப்பு, டெக்டோரியல் சவ்வு ஆகியவை உள்ளன. பேசிலர் சவ்வுத் தோலில் ஆயிரக்கணக்கான சிறு நரம்பிழைகள் (fibres) உள்ளன. லாமின ஸ்பைராலிஸ் (Lamina Spiralis) என்னும் உறுப்பு பேசிலர் சவ்வுப் பக்கத்தில் கவை போலப் பிரிகிறது.

கவையில் இரு புயங்களுக்கிடையில் கோர்ட்டி எனும் விலா வெலும்பு போன்ற இழைத் தண்டுகள் (Rods) உள்ளன. கேள்வி



படம் 100

நரம்புகள் லாமினு ஸ்பைராலிஸ் வழியே நுழைந்து செல்கின்றன. இந்நரம்புகளின் நுனியிலிருந்து பல சிறு நரம்புகள் கிளம்பி கோர்ட்டியின் தசையில் பதிகின்றன.

ஒலியெழுப்பப்பட்டவுடன் காற்றில் தோன்றும் அலைகள் செவிக் குழலில் புகுந்து செவிப்பறையை இயக்குகின்றன. இந்த இயக்கம் சிற்றெலும்புகள் வழியே சென்று நீள் வட்டத் துளை அடைகிறது. இந்தத் துளை திறந்தவுடன் இந்த அதிர்வுகள் ஸ்கேலாவெஸ்டி புலி வழியாகவும் ரீஸ்னர் சவ்வு வழியாகவும் பேசிலர் சவ்வையடைந்து கோர்ட்டியிலுள்ள உணர் கோல்களை எட்டுகிறது. இக்கோல்கள் பல வடிவிலுள்ளவை. எனவே எந்த அதிர்வெண்ணுடனும் ஒத்திசைவு செய்யக்கூடியவை. ஒவ்வொரு ஒலியையும் அதே அதிர்வெண்ணுள்ள ஒரு கோல் தேர்ந்தெடுத்து கேள்வி நரம்புகளுக்கு அனுப்பும். இறுதியில் ஒலி அலைகள் மூளையில் பொருளாக்கப்படுகின்றன. இந்த தத்துவம் ஹெல்ம் ஹோல்ட்சினுல் சொல்லப்பட்டது.

காதிலுள்ள எல்லாப் பொருள்களுமே—வெளிக் குழலிலுள்ள காற்று செவிப்பறை, ஆசிகிள், சுருள் வளைத் திரவம்

ஆகியவை—அதிர்வடையக் கூடியவை. இறுதியாக இந்த அதிர்வுகள் மூளை பிரித்தறிந்து கொள்ளக்கூடிய நரம்பு சங்கேதங்களாக மாற்றப்படுகின்றன. வெளி செவி மடலின் கூம்பு வடிவம் காரணமாக காதுக் குழல் ஒலியைக் குவிக்கிறது. வெளிக் காதுக் குழலின் பரிமாணங்களுக்கேற்ப அதற்கு ஒத்ததிர்வு எண்கள் உள்ளன. இந்த அதிர்வெண்கள் உள்ள ஒலிகளுக்கு கேள்வித் துவக்க ஆற்றலின் அளவு மிகக் குறைவானது. இக் குழலின் இயற்கை அதிர்வெண் சுமார் 2800 சைகிள்/வினாடி எனக் காணப்பட்டுள்ளது. குழலின் வாயின் அருகிலிருப்பதை விட செவிப்பறையினருகில் அழுத்தம் அதிகமாயிருப்பதாக வீனர் (Wiener), ராஸ் (Ross) ஆகியோர் கண்டுபிடித்துள்ளனர். செவிப்பறை அங்கவடியின் அடிப்பகுதியைப் போல சுமார் 30 மடங்கு பரப்புள்ளது. இதன் காரணமாக சுருள் வளையின் வட்ட ஜன்னலில் அழுத்தம் சுமார் 20 மடங்கு அதிகரிக்கின்கிறது. ஆசிகிள் சிற்றெலும்புகளின் நெம்புகோல் அமைப்பினாலும் சிறிது உருப்பெருக்கம் ஏற்படுகிறது. இவ்வாறு வெளி, நடுச் செவிப் பகுதிகளில் அழுத்தப் பெருக்கம் சுமார் 20-30 டெசிபெல் ஆக உள்ளது. காதின் அமைப்பினால் ஒலிக்குச் சிறிது தடையும் (Impedence) ஏற்படுகிறது. உள்காதின் தடை சுமார் 9×10^3 டைன்/வினாடி/செ. மீ^{3} எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. நீள்வட்ட ஜன்னலில் செலுத்தப்படும் ஆற்றலில் ஒரு சிறு பகுதியே சுருள் வளையத் திரவத்தினால் உட்கவரப்படுகிறது. அப்போது ஆற்றல் சுமார் 20—30 டெசிபெல் குறைகிறது.

மற்ற அதிர்வு அமைப்புகளைப் போலவே குறைந்த அதிர்வெண் துலங்கல் (response) காது அமைப்பின் மீள் தன்மையாலேயே நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. காது அமைப்பிற்கு மீள் தன்மை தருபவை செவிப்பறை, நடுக்காதிலுள்ள காற்று ஆசிகிள் சிற்றெலும்புகளை இணைக்கும் திசுநாண்கள், சுருள் வளைக் குழாய்களுக்கிடையிலுள்ள சவ்வுகள், வட்ட ஜன்னலை மூடும் சவ்வு ஆகியவையாகும். மிகக் குறைந்த அதிர்வெண்களில் செவிப்பறை அதிகமாக இயங்குகிறது. அச்சமயங்களில் நடுச் செவியிலுள்ள காற்று முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. சுமாரான அதிர்வெண்களில், அதிர்வுகளை ஆசிகிள்களுக்கிடையிலுள்ள உராய்வும் சுருள்வளை திரவத்தின் பாகுநிலையும் கட்டுப்படுத்துகின்றன. நடுக்காதிலுள்ள தசைகளின் உராய்வும் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது.

உயர் அதிரவெண்களின் செவியறை, ஆசிகிள்கள், சுருள் வளைத் திரவம், ஆகியவற்றின் நிறை அதிர்வுகளைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. ஆசிகிள்களின் புவியீர்ப்பு மையங்கள் அவற்றின்

சுழற்சிஅச்சுகளில் பொருந்துமாறு அமைக்கப்பட்டு அவற்றின் பங்கு குறைக்கப்படுகிறது.

சுத்தி எலும்பை நடுக்காதுச் சுவற்றுடன் பிணைக்கும் டென்சார்டிம்பானி தசை சுருங்கும் போது செவிப்பறையை இழுத்து பிடிப்பதுடன், சுத்தி எலும்பின் பிடியையும் இழுக் கிறது. செவிப் பறையின் இயற்கை அதிர்வெண் அதிகரித்து உயர் அதிர் வெண்களால் அதிக அளவிற்குத் தூண்டப்படு கிறது. மேலும் சுத்தி எலும்பை இழுக்கும்போது அது பட்டறை யிலிருந்து விடுபட்டுப் போகிறது. ஆகவே உயர் அழுத்தங் களில் சுத்தி அதிகமாக அதிர்வடையும்போது பட்டறை பாதிக்கப்படுவதல்லை. பெரும் ஒலிகள் ஏற்படும்போது டென்சார்டிம்பானி அயனிச் செயலாகச் சுருங்கி விடுவதால். இவ்வாறு சுத்திவிடுபடுவது ஒரு தற்காப்பு ஏற்பாடாகிறது. ஆனல் வெடிச் சத்தங்களின் போது டென்சார்டிம்பானி போது மான அளவு விரைவாகச் சுருங்க முடியாததால் செவிப்பறை பழுதுபட்டு விடுகிறது.

செவிப்பறை கூம்புவடிவாயிருப்பது காதின் உணர்வை அதிகரிக்கிறது. ஒரு கூம்பில் பல்வேறு பகுதிகள் பல்வேறு அதிர்வெண்களுடன் அதிர்கின்றன என ஹெல்ம்ஹோட்ஸ் கண்டறிந்தார். குறைந்த அதிர்வெண்களுக்கு செவிப்பறைக் கூம்பு முழுவதும் அதிர்வடைகிறது. உயர் அதிர்வெண்களில் செவிப்பறையின் மையம் மட்டுமே அதிர்வடைகிறது.

அங்கவடிவின் அடிப்பகுதி நீள்வட்ட ஜன்னலில் நுழையும் போது சுருள் வளையத்திரவத்தின் அழுத்தம் அதிகரிப்பதையும் வெளிவரும் போது அழுத்தம் குறைவதையும் வட்ட ஜன்னலை மூடியுள்ள சவ்வு வெளியே புடைப்பதாலும் குழிவதாலும் அறியலாம். எனவே நிகரமாக சுருள் வளைத்திரவத்ல்ன் பருமம் மாறுவதில்லை. ஆனல் இவ்வாறு ஏற்படும் அழுத்த வேறுபாடு கள் உள்காதின் அமைப்பை எவ்வாறு பாதிக்கின்றன என்பது துல்லியமாகத் தெரிவில்லை. சுருள் வளையின் சுவர்கள் விறைப் பானவை என வைத்துக் கொண்டால் இந்த அழுத்த வேறு பாடுகள் உடனடியாக சுருள் வளையிலுள்ள உறுப்புகளுக்கு மாற்றப்படும். ஹெல்ம்ஹோல்ட் சொல்லுவது போல கோர்ட்டி யின் வெவ்வேறு குதிகள் வெவ்பேவருன இயற்கை அதிர்வெண் உள்ளதாக இருந்து, ஒருங்கியைவு அதிர்வுகள் ஏற்பட்டால் தான் காது ஒலிகளைப் பிரித்துணர முடியும். சுருள் வளையில் விரிசையாகத் தண்டுகள் அமைந்த ஒரு அமைப்பு இருப்பது ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் கொள்கைக்கு சான்ருக உள்ளது. இந்த

அமைப்பை பேசிலர் சவ்வு என்று சொல்கிறோம். அதிலுள்ள இழைத்தண்டுகள் (fibres) சுருள் வளையின் உச்சியில் அடியை விட அதிக நீளமாய் இருக்கின்றன. ஆகவே குறைந்த அதிர்வெண் ஒலிகள் சுருள் வளையின் உச்சியிலும் உயர் அதிர்வெண் ஒலிகள் அடிப்பகுதியில் உணரப்படும். உரத்த ஒலிகளுக்கு ஆளாக்கப்பட்ட விலங்குகள் சிறிது காலத்திற்குப் பிறகு அத்தகைய ஒலிகளைக் கேட்கமுடியாதவையாகி விடுகின்றன. அதற்குப் பிறகு சுருள்வளை அமைப்பைச் சோதித்துப் பார்த்தால் அதன் அடிப்பகுதிகள் சேதமடைந்திருப்பது தெரிகிறது. ஆனால் ரிபௌல் (Reboul) சுருள்வளைக் குழாயின் சுவர்கள் மீள் தன்மையுடையவையாயிருந்தால், அதன் வழியாக அழுத்த அலையின் வேகம் கணிசமாகக் குறைந்துவிடும் எனவும் நிலை அலைகள் தோன்றும் எனவும் கூறுகிறார். அப்போது சுருள்வளையின் சில பகுதிகள் அதிர்வற்ற பிறழ்ச்சிக்குட்பட்டு நரம்புகள் தூண்டப்படும். இத்தகைய அமைப்பிற்கு அலைவேகம் ஒரு திருப்பு (Critical) முனையான அம்சமாகும். சுருள்வளையின் அமைப்பிற்கேற்றபடி அலைவேகம் சுமார் 50 மீட்டர்/விநாடி இருக்கவேண்டும். இத்தகைய வேகங்கள் காதில் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. என சோதனைகள் காட்டுகின்றன.

மேற்கண்ட இரு கொள்கைக்களிலும் அதிர்வெண்களைப் பிரித்தறிவது சுருள்வளைச் சவ்வின் குறிப்பிட்ட இடங்கள் தூண்டப்படுவதைப் பொறுத்திருப்பதாகக் கொள்ளப்படுகின்றன. ஆகவே அவை இடக்கொள்கைகள் (Place theories) எனப்படும். வெவ்வேறு அதிர்வெண்களால் வெவ்வேறு நரம்பிழைகள் தூண்டப்படுவதால் மூளை அதிர்வெண்களைப் பிரித்துணர்கிறது.

இன்னொரு வகையான கொள்கைகளின்படி வேறுபட்ட அதிர்வெண்கள் கேள்வி நரம்பின் இழைகளில் வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுள்ள மின்னலைகளை ஏற்படுத்துவதாயும் அவற்றிலிருந்து மூளை அதிர்வெண்களைப் பிரித்தறிகிறது எனவும் கூறப்படுகிறது. இந்த இருவிதமான கொள்கைகளுக்கும் சோதனை முடிவுகள் சாதகமாக இருக்கின்றன. நுணுக்கமாக ஆராயும் போது இரு கொள்கைளிலும் குறைபாடுகள் உள்ளன. உயர் அதிர்வெண் ஒலிகளுக்கு இடக்கொள்கைகள் ஒத்துவரும் வகையில் பேசிலர் இழைகள் அமைந்துள்ளன. ஆனால் குறைந்த அதிர்வெண்களால் தூண்டப்படுவது எப்படி என விளங்கவில்லை. அதற்குமாறாக நரம்பிழைகள் குறைந்த அதிர்வெண் ஒலிகளில் தக்கபடி மாறும் சங்கேதனுப்புவது ஒப்புக்கொள்ளக்

கொள்ளக்கூடியதாயுள்ளது. ஆனால் உயர் அதிர்வெண் ஒலிகளுக்கேற்றபடி சங்கேதத்தை மாற்றி அனுப்பும் அளவிற்கு நரம்பிழைகள் விரைந்து தன் நிலை திரும்புவதில்லை.

வீவர் (Wever) என்பார் இந்த இரு கொள்கைளின் அடிப்படைகளையும் இணைத்து ஒரு இரு நிலைக் கொள்கையை (Dual theory) உருவாக்கினார். அதன்படி உயர் அதிர்வெண் ஒலிகளை உணர்வதில் சுருள்வளைச் சவ்வின் இழைகளும் குறைந்த அதிர்வெண் ஒலிகளை உணர்வதில் நரம்பு இழைகளும் பங்கு கொள்கின்றன. இவ்வாறு ஒரு ஒலியின் செறிவு, உயர் அதிர்வெண் ஒலிகளுக்கேற்றபடி பேசிலர் இழைகள் தூண்டப்படுவதில் ஏற்படும் மாற்றமாகவும் குறைந்த அதிர்வெண் ஒலிகளுக்கேற்றபடி தூண்டப்படும் நரம்பு இழைகளின் எண்ணிக்கையில் ஏற்படும் மாற்றமாகவும் உணரப்படும்.

ஒரு தூண்டப்பட்ட இசைக்கவையை ,மண்டை ஓட்டில் வைத்ததில், எலும்பு வழியாக ஒலி நேரடியாக சுருள்வளைத் திரவத்திற்குச் செலும். நடுச்செவி அமைப்பு முற்றிலுமாகப் பழுதுபட்டிருந்த போதிலும் ஒலி உணரப்படும். எலும்புக் கடத்திலிற்கு இணர்துவக்க ஆற்றல், காற்றுக் கடத்தலுக்கானதை விட 40 டெசிபெல் அதிகமாயிருக்கும். இந்த நிகழ்ச்சி, நடுச்செவி பழுதுபட்டாதல் செவிடாயிருப்பவர்களுக்கு காதுகேட்க உதவுகிறது. நேரடியாக மண்டை ஓட்டிற்கு அதிர்வைச் செலுத்தும் வகையில் செவிக்கருவிகள் (Hearing aids) தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன.

ஒலியும் காது உணர்ச்சியும்

உரப்பு (Loudness)

காது, ஒலியை லாகரித வகையில் (Logarithmic manner) உணர்கிறது என வெபர்பெக்னர் விதி காட்டுகிறது. 100 சைகிள்கள்/வினாடி அதிர்வெண்ணுள்ள ஒலி காதால் உணரப்படக்கூடிய செறிவு ஒலியின் அடிப்படை அலகு (Basic unit) எனப்படுகிறது. ஒலிச் செறிவு இந்த அடிப்படை அலகிலிருந்து லாகிரித வகையில் அளக்கப்படுகிறது.

ஒரு காதை மூடிக் கொள்ளும் போது காதுக்குப் பாதி உணர்ச்சியே ஏற்படுகிறது. டெசிபெல் அளவு முறை லாகரிதத் தன்மையிலிருப்பதால் இந்த வித்தியாசத்தை டெசிபெல்களாகக்

குடுப்பிட முடியாது. எனவே ஒரு ஒலியின் உரப்பை (Loudness) அள்க்போன் (phon) எனும் அலகு பயன்படுகிறது.

1000 சைகிள்/விஙேடி அதிர்வெண்ணும், உணர் துவக்க அளவிற்கு மேல் 40 டெசிபெல் செறிவுள்ளதும் இரண்டும் சாதாரணக் காதுகளால் கேட்கப்படுவதுமான ஒலி 1010 போன் உரப்புள்ளதாகக் கொள்ளப்படுகிறது. ஆனால் ஒரு குறிப்பிட்ட ஒலி தோற்றுவிக்கும் உணர்ச்சியை அளப்பது சோதனை முறை உளவியல் (Psychology) துறையின் பிரச்சினை யாகும். அவ்வாறான அளவீடுகளின் போது 33 டெசிபெல் செறிவுள்ள ஒலி 500 போன்களும், 49 டெசிபெல் ஒலி 2000 போன்களும் 73 டெசிபெல் ஒலி 10000 போன்களும் உரப்புள்ள தாகக் காணப்பட்டுள்ளது. எனவே செறிவுக்கும், உரப்புக்கும் இடையில் ஒரு நேர்கோட்டு உறவில்லை. அதிர்வெண்மாறும் போது காதின் உணர்திறனும் மாறுவதால், உரப்பும் மாறு கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு செறிவு உயரும் போது உயர் அதிர்வெண்ணுள்ள ஒலிகளை விட குறைந்த அதிர்வெண்ணுள்ள ஒலிகளின் உரப்பு அதிகமாக உயர்கிறது.

சுருதி (Ptich)

அதிர்வெண்மாறுவதாலும் கதிர் உணர் திறன் மாறுகிறது. 40 டெசிபெல் செறிவுள்ள 1000 சைகிள்/விநாடி ஒலியைக் கேட் கின்ற ஒருவன், அது 40 டெசிபெல் செறிவுள்ள 440 சைசிள்/விநாடியை விட இரு மடங்கு சுருதி உள்ளதாக உணர்கிறான். ஆகவே சுருதி உணர்ச்சியும் அதிர்வெண்ணுடன் நேர்கோட்டு உறவுள்ளதல்ல. இந்த விளைவை அளப்பதற்காக மெல் (Mel) எனும் அலகு பயன்படுகிறது. 1000 சை/வி அதிர்வெண்ணும் 40 டெசிபெல் செறிவும் உள்ள ஒலியின் சுருதி 1000 பெல் என தன்னிச்யையாக நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளது.

ஆடியோ மீட்டர்

ஒரு மனிதனின் கேள்திறனைத் துல்லியமாக அளக்க ஆடியோ மீட்டர் எனும் கருவி பயன்படுகிறது. வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்கு உணர் துவக்கச் செறிவை இவை அளக் கின்றன. ஒரு நலமான காதிற்கான அளவுகளுடன் இவற்றை ஒப்பிடப்படும். ஆடியோ மீட்டரில் செறிவு சரிப்படுத்தக்கூடிய தூய ஒலி வெளிப்படுகிறது. அதன் செறிவை நலமான காதின் உணர் துவக்க அளவிற்குக் கீழே 15 டெசி பெல்வரையும் மேலே 95 டெசிபெல் வரையும் மாற்றியமைக்கலாம். ஆடியோ

மீட்டர்கள் எலும்புக் கடத்தலுக்கும் காற்றுக் கடத்தலுக்கும் பயன்படும்படியாக அமைக்கப்படுகின்றன. எலும்புக் கடத்தலுக்கு உணர் துவக்க அளவு 64 சைகிளில் 35 டெசிபெல் 128 சைகிளில் 45 டெசிபெல், 512 சைகிளில் 75 டெசிபெல் ஆகும். குறைந்த அதிர்வெண்களில் எலும்பு அதிர்வுக்கும், கடத்தலுக்கும் வேறுபாடு காண்பது கடினம். ஆகவே 250க்குக் குறைவான அதிர்வெண்களுக்குப் பெறப்படும் முடிவுகள் துல்லியமானவையல்ல.

அதிர்வெண்களுக்கும், உணர் துவக்க அளவுகளுக்கும் இடையில் ஆடியோகிராம் எனும் வரைபடங்கள் வரையப்படுகின்றன. இவற்றிலிருந்து காதில் ஏற்படக்கூடிய சேதம் நிர்ணயிக்கப்படும்.

21. ஒளியும் பௌதிக உயிரியலும்

ஒளி ஒரு மின் காந்த அலை. அது அலைப்பண்பும் துகள் பண்பும் ஒருங்கே கூடியது. ஒளி விலகல், விளிம்பு விலகல், குறுக்கீட்டு விளைவு ஆகியவற்றைப் பாக்கும்போது அதன் அலைப் பண்பையும், உட்கவர்தல் ரசாயன விளைவு ஆகியவற்றைப் பார்க்கும்போது துகள் பண்பையும் பயன்படுத்துவோம். ஒரு ஒளித்துகள் குவாண்டம் எனப்படும். அதன் ஆற்றல் $E = h\nu$ எனும் சமன்பாட்டினுல் பெறப்படும் h என்பது பிளாங்க் மாறிலி $= 6{\cdot}62 \times 10^{-27}$ எர்கு விளுடி $= 4{\cdot}13$ எலக்ட்ரான் வோல்ட் விளுடி. ν உன்பது அதிர்வெண். இத்தகைய ஒளி குவாண்டம் போட்டான் (Photon) எனப்படுகிறது.

ஒரு போட்டானின் ஆற்றல் மிகக் குறைவு. அது பொருளில் அயனியாக்கம் ஏற்படுத்தப்போதாது. குறைந்த ஆற்றலால் ஏற்படக்கூடிய விளைவுகளே ஒளி உட்கவரப்படும்போது தோன்றும்.

உயிரியல் விளைவுகள்

ஒளியால் ஏற்படும் உயிரியல் விளைவுகளை நான்கு வகை யாகப் பிரிக்கலாம். அவையாவன :

(1) சிறு விலங்குகள், தாவரங்கள் கொல்லப்படுதல்

(2) தாவரங்களிலும், சில பாக்டீரியாவிலும் ஏற்படும் ஒளிச் சேர்க்கை.

(3) விலங்குகளின் நடத்தையிலும், தாவரங்கள் வளரு வதிலும் ஏற்படும் மாற்றங்கள்.

(4) பெரிய விலங்குகள் நீண்டகாலம் ஒளியிலிருப்பதால் ஏற்படும் மாற்றங்கள்.

இயற்கையில் பூமிக்கு வரும் ஒளியில் பெருமளவு சூரியனி லிருந்து வருகிறது. சூரியன் 6000°F வெப்ப நிலையிலுள்ள ஒரு கரும் பொருளைப்போலக் கதிர் வீசுகிறது. 4700—4800 A அலை நீளமுள்ள நீலப்பகுதியில் அதன் ஆற்றல் அதிகமாகிறது. பூமி யின் வளி மண்டல விளிம்பில் விழும் சூரிய ஒளியின் செறிவு சரா சரியாக 1·94 கிராம் கலோரி/செ.மீ. நிமிடம் சூரியனின் புறப் பரப்பிலேற்படும் மாற்றங்களைப் பொறுத்து இது 0.5% வரை மாறும். பருவம் தோறும் பூமிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையிலான தொலைவு மாறுவதாலும் செறிவு பருவம் தோறும் மாறுகிறது.

சூரிய ஒளி வளி மண்டலத்தின் வழியே வரும்போது அதில் பெரும் பகுதி உட்கவரவும் சிதறடிக்கவும் படுகிறது. பூமிக்கு வரும் ஒளியில் 2950 A° க்கு மேற்பட்ட அலை நீளமுள்ள கதிர் களே உள்ளன. நீரில் மூழ்கியுள்ள உயிரிகளுக்குக் கிடைக்கும் ஆற்றலின் அலை நீளங்களும் செறிவும் இன்னும் குறைந்துவிடு கின்றன. ஆகவே ஒளியின் உயரியல் விளைவு வளி மண்டலத் திலுள்ள தூசு, நீராவி ஆகியவற்றைப் பொறுத்திருக்கிறது. என்பது விளங்கும்.

உயிரியின் மேல் பரப்பில் ஏற்படும் உட்கவர்ச்சியாலும் ஒளி யின் விளைவு பெரிதும் குறைக்கப்படுகிறது. பாக்டீரியா, யீஸ்ட் கள், ஒரு செல் உயிரிகள் போன்றவற்றின் மேல்பரப்பு மெல்லிய தாகையால் அவை ஒளியால் எளிதில் பாதிக்கப்படுகின்றன. மேல் தோலில் ஏற்படும் பிரதிபலிப்பும் ஒளியின் விளைவைக் குறைக்கிறது. குறைந்த அலை நீளக் கதிர்களைவிட அதிக அலை நீளமுள்ள கதிர்கள் உடலில் அதிக அளவிற்கு ஊடுருவிச் செல் கின்றன.

ஒளியின் நாசினித் தன்மை

ஒளி வைரஸ்களை அழிக்கக் கூடியது என்பது ஏறக்குறைய 50 ஆண்டுகளுக்கு முன்பே தெரியும். பாக்டீரியா, காளான் ஆகியவையும் ஒளியால் பாதிக்கப்படுகின்றன. புற ஊதாப் பகுதியில் சராசரி 2650A° அலை நீளமுள்ள கதிர்கள் மிகுந்த நாசினித் தன்மையுள்ள வையாயிருக்கின்றன. ஒரு தனி பாக்டீ ரியாவைச் செயலற்ற தாக்கப் பல குவாண்டம் ஒளி தேவைப் படுகிறது. தனி வைரஸ் அல்லது என்சைம் மூலக்கூறுகளுக்கும் கூட அதிக அளவு ஒளி தேவைப்படுகிறது. இதன் காரணங்கள் பலவாக இருக்கலாம். ஒரு குவாண்டம் ஒளி, தேவைப்பட்ட ரசாயன விளைவைத் தோற்றுவிக்கப் போதுமானதாக இல்லாம லிருக்கும்போது. மூலக்கூறு அதைச் சேமித்து வைத்துக்

கொள்ளலாம். அதாவது அது உடனடியாகப் பிரதிபலிக்கப் பட்டு விடுவதில்லை. அல்லது பொருளில் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதி மட்டுமே பாதிக்கப்படக் கூடியதாக இருக்கலாம். அதனால் முழு உடலையும் ஊடுருவி அப்பகுதியை அடைவதற்கு அதிகமான ஆற்றல் தேவைப்படலாம். சிறு உயிரிகளில் ஏதோ ஒரு அத்யா வசியமான புரதம் அழிக்கப்பட்டுவிடுவதால் அவை அழிந்துவிடு வதாகத் தெரிகிறது. மொத்த விளைவிற்கும் மொத்த ஆற்றலுக் கும் இடையில் ஒரு நேர் கோட்டு உறவு உள்ளது. உயிரியின் வெப்ப நிலையினால், அதை அழிக்கத் தேவைப்படும் ஆற்றலின் அளவு மாறுவதில்லை. சுமார் 2650A° அலை நீளமுள்ள புற ஊதாக் கதிர்கள் தண்ணீரால் உட்கவரப்பட்டு விடுவதால், நீரைச் சூரிய ஒளி கொண்டு கிருமி நாசம் செய்ய முடியாது. செயற்கை முறைகளில் புற ஊதாக் கதிர்களைக் கொண்டு கிருமி நாசம் செய்வது அறுவை சிகிச்சை அறைகளில் பயன்படுகிறது.

மனிதன் நீண்ட நேரம் வெயிலில் இருந்தால் தோல் கறுத்து விடுகிறது. விலங்குகளுக்கு மயிர் பாதுகாப்பு இருப்பதால் அவற் றின் தோல் பாதிக்கப்படுவதில்லை. வெய்யில்பட்ட நேரத்தைப் பொறுத்துத் தோல் சிவப்பது, மேல் படலங்கள் உரிவது, வலி, தோல் வெடிப்பு, கன்னிப்போதல் ஆகியவை நிகழ்கின்றன. இறுதியில் தோலில் நிறமிகள் தோன்றித் தோல் கறுத்துப் போகிறது. இம் மாற்றங்கள் முக்கியமாக 3200A° வரை அலை நீளக் கதிர்களும் விளைவேற்படுத்துகின்றன. தோல் விளைவு களும் புரதங்கள் செயலற்ற தாக்கப்படுவதாலயே நிகழ்கின்றன என்பது கவனிக்கத் தக்கது.

இதைத் தவிரப் பெரிய விலங்குகளின் தோல்களில் கான்சர், 3200A° க்கு மேற்பட்ட அலை நீள ஒளிகளால் பாதிக்கப்படும் கூச்ச நோய் (Urti Caria Solaris), கண்ணிற்குச் சேதம் ஆகியவை ஒளியால் ஏற்படுகின்றன. தண்ணீர், வெண்பனி ஆகியவற்றில் பிரதிபலிப்பாகும். சூரிய ஒளி அல்லது வலுவான செயற்கை ஒளிகள் இவை நெடுநேரம் கண்ணில்பட்டால், விழி வெண்படலத்தில் வீக்கம், புண் ஆகியவை ஏற்படுகின்றன. சூரியனை நேராகப் பார்த்தால் விழிலென்ஸ் சூரிய ஒளியைக் குவிப்பதால், விழித்திரை சேதப்பட்டு விடுகிறது. கருப்புக் கண்ணாடிகள் கீழ்ச் சிவப்பு கதிர்களை வடிகட்டாதாகையால் அவற்றை அணிந்து கொண்டு கூடச் சூரியனை நேரடியாகப் பார்க்கக் கூடாது. கண்ணாடி ஆலைகளில் வேலை செய்பவர் களுக்கு நீண்டகாலம் கீழ்ச் சிவப்புக் கதிர்கள்படுவதால், கண் களில் காடராக்ட் (Cataract) நோய் தோன்றுகிறது.

சூரிய ஒளியானது தோலின் மேலுள்ள எர்கோஸ்டெரால் (Ergosterol) சேர்மத்தை D_3 வைட்டமீனாகவும் 7-டீ ஹைட்ரோ கோலஸ்டரால் (7-Dehydro cholesterol) சேர்மத்தை D_3 வைட்டமீனாகவும் மாற்றுகிறது. இவை ரிக்கட்ஸ் வியாதியைத் தடுக்கின்றன. இதற்கு 2800A° அலை நீளக்கதிர்கள் பெருமமாகப் பணிபுரிகின்றன.

ஒளிச் சேர்க்கை (Photosynthesis)

ஒளிச் சேர்க்கையை மொத்தமாகப் பின்வருமாறு குறிக்கலாம்.

$$nCO_2 + nH_2O \longrightarrow (CH_2O)n + nO_2$$

இதில் n என்பது வினையில் ஈடுபட்ட கிராம் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக் குறிக்கும். இது ஒரு வெப்பங் கொள் வினை (Endothermic) ஆகும். இதற்கு ஒரு மோலுக்கு 112000 கலோரிகள் வீதம் வெப்பம் தேவைப்படும். ஒரு போட்டான் உட்கவரப்பட்டு ஒரு CO_2 மூலக்கூறு வினைபுரியுமானால் வினைபுரிபொருளின் ஒரு மோலுக்கு N (அவகட்ரோ எண்) போட்டான்களின் ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. 4000A° அலை நீளமுள்ள ஒளிக்கு இந்த ஆற்றல் மோலுக்கு 71,200 கலோரிகளுக்குச் சமம். இது நேரடி மாற்றத்திற்குப் போதாது. எனவே மேற்கண்ட வினையில் இடைநிலை வினைகள் பல இருக்க வேண்டும்.

இவ்வினை கீழ்ச் சிவப்புக் கதிர்களால் ஏற்படாது எனத் தெரிகிறது. புற ஊதாக் கதிர்கள் தமது நாசினி ஆற்றலால் ஒளிச் சேர்க்கையை தடை செய்யலாம். பெரும்பாலும் நிறமாலையின் சிவப்பு, செம் மஞ்சள் பகுதிகளே சிறப்பான வினைவேற்படுத்துகின்றன. செடிகளிலுள்ள குளோரோபில்லும், மற்ற நிறமிகளும் ஒளியை உட்கவர்ந்து ஒளிச்சேர்க்கைக்கு ஆட்படுகின்றன. இவ்வினை மிகச் சிக்கலானது.

குறைந்த ஒளிச் செறிவுகளில் வினைவேகம், ஆற்றல்படும் நேரத்திற்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது. உயிர் ஒளிச் செறிவுகளில் வினைவேகம், செறிவுடன் நேர் விகிதமாக அதிகரிப்பதில்லை. எனவே ஒருவேளை இங்கு இரண்டு வகை வினைகளிருக்கலாம் என ஊகிக்கப்படுகிறது. ஒன்று ஒளியைப் பொறுத்ததாயும் மற்றது ஒளி தேவைப்படாததாயும் இருக்கலாம். ஒளி தேவைப்படாத வினைகள் இருள்வினை அல்லது பிளாக்மன் வினை எனப்படும். ஒளிசார் வினைகள், வெப்பநிலையைச் சார்ந்திருக்காது.

இருள்வினை, வெப்பநிலையைப் பொறுத்திருக்கிறதனால் அது ஒரு ரசாயன வினை எனத் தெரிகிறது.

கண்ணுக்குப் புலப்படும் ஒளியும், புற ஊதாக் கதிர்களும் தாவர, விலங்கு செல் சவ்வுகளின் ஊடுருவுத் தன்மையை அதிக்ரிக்கின்றன. செல் பொருள்களின் பாகுநிலை பாதிக்கப் படுகிறது. அவை திரண்டு கட்டியாகிவிடுகின்றன எனக் காணப்பட்டுள்ளது. விலங்ககுளும் தாவரங்களும் ஒளி நோக்கி வளைகின்றன. இந்த விளைவு ஒளி நாட்டம் (Phototropism) எனப் படுகிறது. ஆக்சின் (Aoxin) எனும் தாவர ஹார்மோன் செறிவு ஒளியூட்டப்பட்ட பகுதியில் குறைவாக உள்ளதால் இது ஏபடுவ தாக கூறப்படுகிறது. ஆகவே ஒளியூட்டப்பட்ட பகுதி குறை வாக வளர்கிறது. அதனால் தாவரம் ஒளித் தோற்றுவாயை நோக்கி வளைகிறது. (நேரின விளைவு). அதன் வேர்கள் எதிர் திசையில் வளைகின்றன. (எதிரின விளைவு). விலங்குகளிலும் இந்த இருவிதமாக விளைவுகளும் தோன்றுகின்றன. இது அவற் றின் தோலிலுள்ள ஒளி வாங்கிகளால் (Photo receptors) ஏற்படு கின்றன. புரோட்டோ சோவா, சிறு விலங்குகள் ஆகியவற்றில் செல் பொருள்கள் பாதிக்கப்படுவதால் ஒளி நாட்டம் ஏற்படு கிறது.

நோய் சிகிச்சையில் ஒளி

புற ஊதாக்கதிர்கள் மட்டுமே புறத்தோலைக் கடந்து செல்லும் ஆற்றல் பெற்றிருப்பதால் அவை மட்டுமே புறத் தோலில் ஏற்படும் நோய்களை சிகிச்சை செய்ய வல்லவை. 2900A° க்கு மேற்பட்ட புற ஊதாக்கதிர்கள் சூரியனிடமிருந்து கிடைக்கின்றன. அதைவிடக் குறைந்த அலை நீளக் கதிர்களை வளி மண்டலம் உட்கவர்ந்துவிடுகிறது. பாதரச ஆவி விளக்கு, கரிவில் ஆகியவற்றிலிருந்தும் புற ஊதாக்கதிர்கள் கிடைக் கின்றன. இவற்றில் 2900A° க்குக் கீழ்ப்பட்ட பிற ஊதாக்கதிர் கள் கேடு விளைவிக்கக் கூடியவை. புற ஊதாக்கதிர்கள் தோலை கன்னிப்போகச் செய்கின்றன, தோலில் D வைட்டமின்களைத் தோற்றுவிக்கின்ற வளர் சிதை மாற்றங்களை ஏற்படுத்துகின்றன. பாக்டீரியாவைக் கொல்கின்றன. D வைட்டமின்கள் கால்சி யத்தின் வளர்சிதை மாற்றத்தையும், எலும்பு வளர்ச்சியையும் ஊக்குவிக்கின்றன. புற ஊதாக்கதிரால் ஒளியூட்டப்பட்ட தாய்மார்களின் பால் ரிக்கெட்ஸ் எதிர்ப்புத் தன்மையுள்ளதாக (Antirachitic) ஆகிறது. இரத்தம் புற ஊதா ஒளியூட்டப்பட் டால் சீரத்தில் கால்சியம் அதிகரித்து இரத்தம் உறையும் நேரம் அதிகரிக்கிறது. தசைத் துன்பம் குறைகிறது.

ரிக்கெட்ஸ், எலும்பு க்ஷயம், நிணநீர்நாள க்ஷயம், ஐனனேந்திரிய க்ஷயம் போன்றவை சூரிய ஒளியாலும் செயற்கையான புற ஊதாக் கதிர்களாலும் குணமடைகின்றன. நுரையீரல் க்ஷயத்தில் சூரிய ஒளி சிகிச்சை நோயாளியின் பொது தேக நிலையை அபிவிருத்தி செய்கிறது. நியூரிடிஸ், லம்பாகோ, பைப்ரோசிடிஸ் போன்ற நோய்களின் துன்பத்தைக் குறைக்கப் புற ஊதாக்கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. கஞ்சக்டிவிடீஸ், ட்ராகோமா, விழி வெண்படலப் புண்கள் ஆகிய கண்ணேய்கள் செறிவு மிக்க புற ஊதாக்கதிர்களால் தீருகின்றன. குறைந்த அதிர்வெண்ணுள்ள புற ஊதாக்கதிர்கள் தோல் தொற்று நோய்களைத் தீர்க்கின்றன. சோரியாசிஸ் (Psoariasis) எக்ஸ் கதிர் வேக்காடு, அக்றிவல்காரிஸ் (Akri Vulgaris) எரிஸ்பிலஸ் போன்ற தோல் வியாதிகள் குணமாகின்றன. சில நோய்களின் போது தோல் பரப்பில் கீழ்ச் சிவப்பு கதிர்களைச் செலுத்திவிட்டுப் பின்னர் புற ஊதாக்கதிர்களைச் செலுத்தினல் மேலான குணம் கிடைக்கிறது. இது கீழ் சிவப்புக் கதிர்களை வெப்ப நிலையை உயர்த்துவதாலும் அதனுல் ஏற்படும் வளர்சிதை மாற்ற அதிகரிப்பதாலும் இருக்கலாம். கீழ்ச் சிவப்பு கதிர்கள் புறத்தோலின் வழியே புற ஊதாக்கதிர்களை அதிக அளவில் ஊடுருவக் கூடியவாறு செய்யலாம்.

முற்றிய காசம், சிதைவு, முற்றிய இதய நோய்கள், முற்றிய சிறுநீரக அல்லது ஈரல் நோய்கள், ஹைபர் தைராய்டிசம், நீரிழிவு, பொதுவான டெர்மா டைடிஸ் போன்ற வியாதிகளுக்கு புற ஊதாக் கதிர்களை பயன்படுத்தக் கூடாது. கண்களையும், புற ஊதாக்கதிர்களிலிருந்து கவனமாக பாதுகாக்க வேண்டும். வைத்தியரின் உதவியின்றித் தரமாக புற ஊதா சிகிச்சை செய்து கொள்ளக்கூடாது. நோயாளி குயினைன், மெதிலீன் நீலம் போன்ற மருந்துகளையும் இன்சுலின், எபிநெப்ரின், தைராய்டு சுரப்பி சத்துகள், பிட்யூட்ரின், தங்கம், வெள்ளி பாதரசம் கலந்த ஹார்மோன் மருந்துகளையும் உட்கொண்ட பிறகு புற ஊதா சிகிச்சைக்குட்பட்டால் ஒளிக்கூச்ச (Photo Sensitisation) நோய் ஏற்படக்கூடும்.

22. ஒளிக் கருவியியல்

ஒளியின் செறிவை அளத்தல், ஒளி அளவையியல் (Photometry) எனப்படும். ஒளிச்செறிவு வத்தி (Candle) எனும் அலகால் அளக்கப்படுகிறது. தற்காலத்தில் பயன்படும் படித்தர வத்தி (Standard Candle) என்பது பிளாட்டினத்தின் உருகுநிலை (1769 C) யிலுள்ள ஒரு தோரியம் ஆக்சைடு வெண்மை பரப் படங்கிய குழியின் மேல் 160 செ.மீ. பரப்புள்ள திறப்பிலிருந்து வரும் ஒளியின் செறிவாகக் கொள்ளப்படுகிறது.

ஒரு ஒளித் தோற்றுவாய் ஒரு நொடியில் எல்லா திசைகளிலும் வீசக்கூடிய ஒளிசக்தி அதன் மொத்த ஒளி விளக்கப் பாயம் (Total Luminous Flux) எனப்படும்.

ஒரு ஒளித் தோற்றுவாயின் மொத்த ஒளி விளக்கப் பாயம் F என்போம். ஒளித் தோற்றுவாயின் W திண்மக் கோணம் கொண்ட ஒரு பரப்பின் மேல் இந்த ஒளி ஆற்றல் விழுமாயின் $L = \frac{F}{W}$ என்பது அந்த பரப்பின் ஒளிவிளக்கச் செறிவு அல்லது ஒளிவீசுத் திறன் (Luminous Intensity) எனப்படும். ஒளித் தோற்றுவாயின் மொத்த திண்மக் கோணம் 4π ஆதலால் மொத்த ஒளி விளக்கப் பாயம் $F = 4\pi L$ ஆகும். ஒளி விளக்கச் செறிவு லூமன் (Lumen) எனும் அலகால் அளக்கப்படும்.

ஒரு நொடிக்கு ஒரு வத்தித்திறன் ஒளிவீசும் சீரான புள்ளித் தோற்றுவாயிலிருந்து ஓர் அலகு திண்மக்கோணம் உள்ள (ஒரு செ.மீ. தொலைவில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு செ.மீ. அளவுள்ள) பரப்பின் மீது விழும் ஒளியின் அளவு ஒரு லூமன் எனப்படும். எனவே ஒரு வத்தித் திறனுள்ள தோற்றுவாயின் மொத்த ஒளி விளக்கம் பாயம் 4π லூமன்களாகும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட மேற் பரப்பின் மீது அலகுப் பரப்பில் விழுகின்ற ஒளிப் பாயம் அதன் ஒளி விளக்கம் (Illumination) எனப்

படும். ஒளிவிளக்கத்தின் அலகு, பாய்வு பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்போது லூமன்/மீ அல்லது லூமன்/அடி ஆகும். லூமன்/மீ² எனும் அலகு போட் (Phot) எனப்படும். லூமன்/மீ லக்ஸ் (Lux) அல்லது மீட்டர் வத்தி எனப்படுகிறது. இது ஒரு அலகுச் செறிவுள்ள ஒரு தோற்றுவாயிலிருந்து ஒரு மீட்டர் தூரத்திலுள்ள ஒளி விளக்கமாகும். லூமன்/அடி² என்பது ஒரு அடி வத்தி (Foot Candle) எனப்படுகிறது. இது ஒரு அலகுச் செறிவுடைய ஒரு தோற்றுவாயிலிருந்து ஒரு அடி தூரத்திலுள்ள ஒளி விளக்கமாகும்.

ஒரு ஒளித் தோற்றுவாய் தானே ஒளி விடுவதாயிருந்தாலும், ஒளியூட்டப் பெற்றதாயிருந்தாலும் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் அதன் அலகு பரப்பின் ஒளிச்செறிவு அத்திசையில் அதன் ஒளிப் பொலிவு (Luminescence) எனப்படுகிறது. இப்பொலிவு ஒளி செல்லும் திசைக்கும், பரப்புலம்பத்திற்கும் இடையிலுள்ள கோணத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது. தோற்றுவாய் கரும் பொருளாக (லட்சியத் தோற்றுவாய்) இருந்தால் அலகுப் பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் லூமன்களின் எண்ணிக்கை இக் கோணத்தின் கொசைன் மதிப்புக்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது. இது கொசைன் விதி (Cosine Law) எனப்படும். இத்தகைய ஒளி விடும் அல்லது பிரதிபலிக்கும் பரப்பு எல்லாத் திசைகளிலிருந்து பார்த்தாலும் அதன் பொலிவு ஒரே மாதிரியாயிருக்கும். இத்தகைய பரப்பு லட்சியக் கசிவுப் பரப்பு (Perfect diffusing surface) எனப்படும்.

ஒளிப் பொலிவு லாம்பெர்ட் எனும் அலகால் அளக்கப்படுகிறது. சதுர சென்டிமீட்டருக்கு ஒரு லூமன் வீதம் வெளிப்படுத்துகின்ற லட்சியக் கசிவும் பரப்பின் பொலிவு ஒரு லாம்பெர்ட் ஆகும்.

பார்வை முறைகள் (Visual Processes)

கண்ணில் ஒளியாற்றல் நரம்புகளால் சங்கேத ஆற்றல்களாக மாற்றப்படுகிறது. இந்த ஆற்றலை ஒளி நரம்பு மூளையின் பல்வேறு பகுதிகளுக்கு எடுத்துச் செல்கிறது. ஒரு பொது மைய நரம்புத் தொகுப்பு இந்த ஆற்றலை ஒளிக் குறிகளாக மாறுகிறது. பார்வைச் செயல் முறையில் இரு பகுதிகள் உள்ளன. உருவ வேறுபாடுகளையும் நிறங்களையும் நிறங்களையும் பிரித்தறிவது போடோபிக் பார்வை (Photopic vision) எனப்படும். கருப்பு வெள்ளை ஆகியவற்றை பிரித்தறிவது ஸ்கோடோபிக் பார்வை (Scotopic vision) எனப்படும். விழித் திரையில் கூம்புகள்

(Cones) எனப்படும் செல்கள் போடோபிக் பார்வையிலும், தண்டுகள் (Rods) எனப்படும் செல்கள் ஸ்கோடோபிக் பார்வையிலும் பணிபுரிகின்றன. தண்டுகளில் அடிப்படையான ஒளி ரசாயன வினைகளில் ஈடுபடும் ரோடோப்சின் (Rhodopsin) எனும் பொருள் உள்ளது. அது ஒளியை உட்கவர்ந்து A வைட்டமின், ரெடினின் எனும் புரதம் போன்ற பொருள்களாகச் சிதைகிறது. அப்போது ஆற்றல் வெளிப்பட்டு நரம்புத் தூண்டல்கள் தோன்றுகின்றன. சிறிது நேரம் கழித்து மீண்டும் ரோடோப்சின் தொகுக்கப்படுகிறது. ரொடோப்சின் முதலில் கருநீல (Purple) நிறமுடையதாக இருக்கும் ஆகவே அதை பார்வை நிறமி (visual purple) என சொல்லப்படும். சிதைந்த பின்னர் அது மஞ்சள் நிற அல்லது நிறமற்ற பொருள்களாக மாறிவிடுகிறது. செறிவு மிக்க ஒளிபடும்போது ரோடோம்சின் முழுமையாகச் சிதைத்து விடுவதால் ஸ்கேடோபிக் பார்வை செயலற்றுப்போய் போடோபிக் பார்வை மட்டுமே பயன்பட்டுக் கொண்டிருக்கும். பார்வைக்கான சிறும ஒளி அளவு தனிப் பார்வைத் துவக்க அளவு (Absolute Visual Threshold) எனப்படும். மங்கிய ஒளியில் கூம்புகளுக்கான துவக்க அளவு இல்லாமல் தண்டுகள் மட்டும் ஸ்கோடோபிக் பார்வையில் உதவும். ஆகவே பொருள்களின் நிறங்கள் சரியாகத் தெரியாமல் கருப்பு வெள்ளை வேறுபாடு மட்டுமே தெரியும்.

விழியின் ஒளி அச்சு விழித்திரையைச் சந்திக்குமிடத்தில் ஒரு குழி (Fovea Centralis) உள்ளது. அதில் கூம்புகள் மட்டுமேயுள்ளன. அதை சுற்றியுள்ள பரப்பில் (Macula Lutea) தண்டுகளைவிடக் கூம்புகள் அதிக அளவிலும், விழித்திரையின் விளிம்புகளில் கூம்புகளைவிட தண்டுகள் அதிக அளவிலும் இருக்கும். எனவே மங்கிய ஒளியில் ஓரக்கண்ணால் பார்த்தால் பொருள்கள் தெளிவாகத் தெரியும்.

நிறங்கள் பிரித்துணரப்படுவதைப் பற்றிப் பலவிதமான கருத்துகள் உள்ளன. இவை யாவும் கூம்புகளில் சில பார்வைப் பொருள்கள் இருப்பதாகக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவற்றில் அய்டோப்சின் (Iodapsin) எனப் பெயரிடப்பட்டுள்ள ஒரு பொருள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. வால்டு (wald) என்பார் பார்பிரோப்சின் (Porphyropsin) என்ற பொருளும் இருப்பதாகவும், ரோடோப்சின் அயடோப்சின், பார்பிரோம்சின் ஆகியவற்றிற்கிடையில் நெருங்கி தொடர்பு உள்ளதாயும் கருதுகிறார். இந்த உறவில் புரதப் பகுதியில் ஏற்படும் சிறிய மாற்றங்களும் மூலக்கூறின் A வைட்டமின் பகுதி

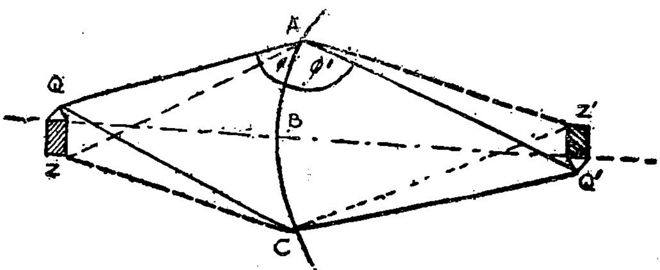
யின் ஐசோமரிசமும் சம்பந்தப்பட்டுள்ளன. வால்ட் இப் பொருள்களைச் சோதனைக் குழாய்களில் தொகுத்துள்ளார்.

யங், ஹெல்ம் ஹோல்ட்ஸ் ஆகியோரின் கருத்துப்படி சிவப்பு, பச்சை, நீலம் ஆகிய நிறங்களால் பெரும அளவு தூண்டப்படுகின்ற பொருள்கள் விழித்திரையில் உள்ளன. மற்ற நிற ஒளிகள் ஓரளவே இவற்றைத் தூண்டும், சிவப்பு, பச்சைப் பொருள்கள் தூண்டப்படுவதால் மஞ்சள் நிறமும், சிவப்பு, பச்சை நீலப் பொருள்கள் தூண்டப்படுவதால் வெள்ளை நிறமும் உணரப்படுகின்றன. ஹெஷ்ட் (Hecht) என்பாரின் சோதனைகள் (1928) இக்கருத்துக்கு வலுவூட்டுகின்றன. அவர் ஒரு கண்ணிற்கு முன் பச்சைக் கண்ணாடியையும், (filter) மற்ற கண்ணிற்கு முன் சிவப்புக் கண்ணாடியையும் வைத்தார். இரு கண்களையும் திறந்தவுடன் மஞ்சள் உணர்வு தோன்றியது. மஞ்சள் கண்ணாடியையும், நீலக் கண்ணாடியையும் பயன் படுத்தியபோது வெண்மை உணர்வு தோன்றியது.

கண்களின் ஒளியியல்

இப்போது வடிவ ஒளியியலில் (Geometric Optics) பயன் படுத்தப்படும். சில சொற்றொடர்களை விளக்குவோம்.

Q எனும் புள்ளியிலிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றைகள் ABC எனும் வளைந்த பரப்பில் Q புள்ளியில் குவிக்கப்படுகின்றன. அதே



படம் 101

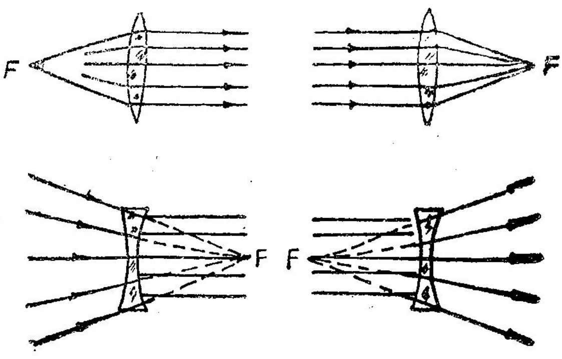
போல Z புள்ளியிலிருந்து வரும் கதிர்கள் Z' புள்ளியில் குவியப் படுகின்றன. ABCக்கு இடதுபுறத்திலிருக்கும் பகுதி பொருள் வெளி (object space) எனவும் வலதுபுறத்திலிருக்கும் பகுதி பிம்ப வெளி (Image space) எனவும் சொல்லப்படும். ஸ்னெல்லின்

ஒளி விலகல் விதிகளின்படி $\frac{\text{Sin } \phi}{\text{Sin } \phi} = n$ ஒரு மாறிலி. இது பிம்ப வெளியின் ஒளி விலகல் எண் எனப்படும். இரு ஊடகங்களைப் பிரிக்கும் தளத்தில் ஒளி விலகல் ஏற்படும்போது ஸ்னெல் விதியைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$n \text{ Sin } \phi = n' \text{ Sin } \phi'$$

இரு வளைந்த பரப்புகளால் உள்ளடக்கப்படும் ஊடகம் லென்ஸ் எனப்படும். நடுப்பகுதியில் தடித்திருக்கும் லென்சுகள் குவிலென்சுகள் அல்லது நேரின லென்சுகள். நடுப்பகுதியில் மெலிந்திருப்பவை குழிலென்சுகள் அல்லது எதிரின லென்சுகள். நேரின லென்சுகளின் பரப்புகளின் வளைவு மையங்களை இணைக்கும் கோடு ஒளி அச்சு எனப்படும்.

ஒளி அச்சிலுள்ள எந்த புள்ளியிலிருந்து வரும் கதிர்கள் குவிலென்சில் விலகலாகி இணையாக வெளியேறுகின்றனவோ அது குவிலென்சின் முதல் குவியமெனப்படும்.



படம் 102

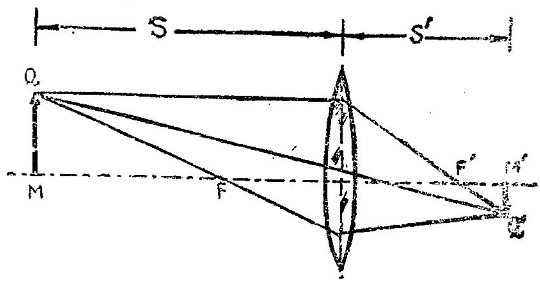
இணையாக வரும் கதிர்கள் ஒளி அச்சிலுள்ள எந்தப் புள்ளியில் குவிகின்றனவோ அது இரண்டாம் குவியம் எனப்படும். எதிரின லென்சுகளுக்கு, வெளியேறும்போது இணைக் கதிர்களாக வரும் வகையில் லென்சில் குவிகின்ற கதிர்கள் ஒளி விலகலடையாவிட்டால் எந்தப் புள்ளியில் குவியுமோ அது முதல் குவியமெனவும் ஒரு இணைக்கற்றை லென்சில் நுழைந்து வெளியேறுகையில் எந்தப் புள்ளியிலிருந்து வருவதாகத் தெரிகின்றதோ அது இரண்டாம் குவியம் எனவும் சொல்லப்படும். இப்புள்ளிகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

லென்சின் மையத்திற்கும் குவியத்திற்கும் இடையிலுள்ள தொலேவு குவியத் தொலேவு எனப்படும். f குவியத் தூரமுள்ள ஒரு லென்சிலிருந்து பொருள் S தொலேவிலும், பிம்பம் S′ தொலேவிலுமிருந்தால்,

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = \frac{1}{f}$$

அதேபோல உருப்பெருக்கம் $= \dfrac{\text{பிம்பத்தின் பரிமாணம்}}{\text{பொருளின் பரிமாணம்}}$

$= \dfrac{S'}{S}$ எனக் காட்டலாம்.



படம் 103

M, M′, Q, Q′ ஆகிய புள்ளிகள் பரிமாற்றப் புள்ளிகள் எனப் படும். லென்சின் திறன் டயாப்டர் எனும் அலகால் அளக்கப் படும்.

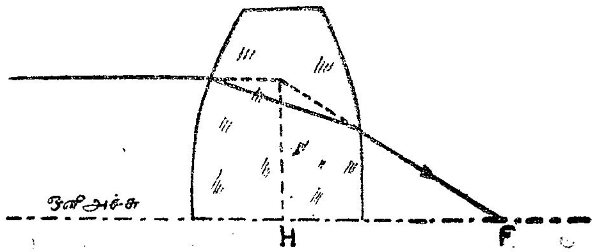
$$\text{டயாப்டர்} = \frac{1}{\text{மீட்டர்களில் குவியத்தூரம்}}$$

ஒரு டயாப்டர் என்பது 100 செ. மீ. அல்லது 1 மீட்டர் குவியத் தொலேவுள்ள லென்சின் திறனாகும். நேரின லென்சு களின் திறன் நேரினமாயும், எதிரின லென்சுகளின் திறன் எதிரினமாயும் இருக்கும்.

இரு மெல்லிய லென்சுகளைச் சேர்த்து வைக்கும்போது அவற்றின் மொத்த திறன், அவற்றின் தனித்தனி திறன்களின் கூட்டுத் தொகையாகும். $P = P_1 + P_2$

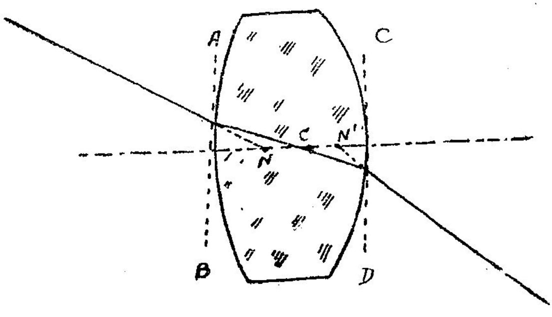
இத்தகைய இணைப்பின் குவியதூரம் $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$ எனும் சமன்பாட்டினால் தரப்படுகிறது.

ஒரு தடித்த லென்சில் ஒளி செல்லும் பாதை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. படுகிரணம் செல்லும் திசையும் வெளி வருகிரணம் செல்லும் திசையும் சந்திக்கும் புள்ளியில் முதன்மைத்தனம் (Principal plans) இருக்கும். இத்தளம் ஒளி



படம் 104

அச்சை சந்திக்கும் புள்ளி H முதன்மைப் புள்ளி எனப்படும். இதேபோல வலது புறத்திலிருந்து ஒளிக்கதிர் வரும்போது இரண்டாம் முதன்மைத் தளமும், இரண்டாம் முதன்மைப்



படம் 105

புள்ளியும் கண்டுபிடிக்கப்படும். ஒளி அச்சுக்குச் சாய்ந்துவரும் கதிர்களில் ஒன்று லென்சில் நுழைந்து வெளியேறும்போது படுதிசைக்கு இணையாக வெளியேறும். அதன் பாதைகளைப் பின்னால் நீட்டினால் அவை ஒளி அச்சை N, N' எனும் அதிர்விலாப் புள்ளிகளில் (Nodal Points) சந்திக்கின்றன.

லென்சின் இரு புறங்களிலும் உள்ள ஊடகம் ஒன்றுயிருந்தால் அதிர்விலாப் புள்ளிகள் முதன்மை புள்ளிகளிலேயே அமைந்திருக்கும்.

லென்சின் பரப்புகளைப் படுகதிரும் வெளிவரும் கதிரும் வெளிவரும் கதிரும் சந்திக்கும் புள்ளிகளை இணைக்கும் கோடு, ஒளி அச்சை ஒளி மையத்தில் (Optic Centre) வெட்டுகிறது.

இரு முதன்மைப் புள்ளிகள் இரு குவியல்கள் இரு அதிர்விலாப் புள்ளிகள் ஆகியவை அடிப்படை புள்ளிகள் (Cardinal points) எனப்படும்.

லென்சு பிறழ்ச்சிகள் (Aberrations of lenses)

லென்சுகளில் விளிம்புப் பகுதியில் படும் ஒரு நிறக்கதிர்கள், மையப்பகுதியில் படும் கதிர்களைவிட லென்சுக்கு அண்மையில் குவிந்து விடுவதால் பிம்பம் கலங்கலாகத் தெரிகிறது. இது உருட்சிப் பிறழ்ச்சி (Spherical Aberration) எனப்படும்.

வெவ்வேறு அலை நிளமுள்ள கதிர்கள் வெவ்வேறு அளவில் ஒளி விலகல் அடைவதால், வெவ்வேறு நிறக் கதிர்கள் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் குவிகின்றன. இது நிறப்பிறழ்ச்சி (Chromatic Aberration) எனப்படும்.

தடுப்புகள் (Stops)

லென்சுக்கு முன்புறமோ பின்புறமோ லென்சை ஒட்டினாற் போல நடுவில் வட்டமான சிறு துளையுள்ள தடுப்பை வைத்தால் பிம்பத்தின் தன்மை அபிவிருத்தியடைகிறது. கண்ணில் விழித்துளை இத்தகைய தடுப்பாகும். அது கண்ணில் நுழையும் ஒளியை கட்டுப்படுத்துகிறது. உருட்சிப் பிறழ்ச்சி, ஆகியவற்றைக் குறைக்கிறது. குவிய ஆழத்தை அதிகரிக்கிறது. அது முன் கண் ரசத்திற்கும் விழி லென்சுக்கும் நடுவிலிருக்கிறது.

கண்ணில் விழிவெண்படலமும் முன்கண்ரசமும் அடங்கிய ஒரு குழி-குவிலென்ஸ், விழிலென்சான ஒரு குவிலென்ஸ், பின் கண் ரசம் என்னும் குழிலென்ஸ் ஆகியவை ஒளி விலக்கம் செய்கின்றன.

அருகிலுள்ள பொருள்களின் பிம்பங்களை விழித்திரையில் குவியப்படுத்துவதற்காகக் கண் செய்து கொள்ளும் ஏற்பாடுகள்

தகவமைப்பு (Accommodation) எனப்படும். அப்போது லென்சின் வளைவு ஆரம் குறைந்து பிம்ப தூரம் குறைகிறது. விழித்துளை சுருங்கு விடுகிறது. இரு கண்களின் பார்வை அச்சு களும் திரும்பிப் பொருளின் மேல் குவிகின்றன.

லென்சை ஆரத்திசையிலுள்ள தசைநார்கள் இழுத்துப் பிடித்து கண்ணின் சுவர்களோடுப் பிணைக்கின்றன. சாதாரண மாக லென்ஸ் மெலிந்திருக்கும். சிலியறைத் தசைகள் சுருங்கும் போது கண் சுவர்களை இழுத்து தசைநார்களின் இழுவிசையைக் குறைப்பதால் லென்ஸ் தடிமனுகிறது. இவையாவும் அனிச்சைச் செயலாகும்.

லென்சின் தகவமைப்பு வயதாக வயதாகக் குறைகிறது. பத்து வயதில் 14 டயாப்டர்களையும் 70 வயதில் ஒரு டயாப்டரா கவும் உள்ளது. லென்ஸ் விழித்திரையில் குவியப்படுத்தக் கூடிய சிறுமத் தொலைவு அண்மைப் புள்ளி (Near Point) எனப் படும் பத்து வயதில் அது 7 செ.மீயாகவும் வயதான பிறகு இதைவிடப் பல மடங்கு அதிகமாயுமிருக்கிறது. வயதான தால் கண்ணில் தகவமைப்பு மாறுதல் பார்வை மூப்பு (Presbyopia) எனப்படும்.

சாதாரணமாயிருப்பதைவிட லென்சுக்கும், விழித்திரைக் குமிடையிலுள்ள தூரம் அதிகமாயிருப்பின் கிட்டப்பார்வை யும், (Myopia) குறைவாயிருப்பின் தூரப்பார்வையும் (Hyperopia) ஏற்படும். இவற்றிற்கு முறையே விரிலென்சுகளும் குவிலென்சு களும் பார்வையைத் திருத்தும்.

விழி வெண்படலம் கோளமாயில்லாமல் கூம்பு வடிவிலிருந் தால் குலைந்த பிம்பம் (Distorted Image) ஏற்படுகிறது. இது கெரடோ கோன்ஸ் என்ற குறையாகும். செங்குத்து வளைவு ஆரம், இடை விளைவு ஆரத்திற்கு சமமாயில்லாமலிருந்தால். பிம்பம் பிழை ஏற்பட்ட திசைக்குத் தக்கபடி செங்குத்தாகவே, கிடையாகவோ உருக்குலைவு அடைகிறது. இக்குறை அசமப் பார்வை (Astigmatism) எனப்படுகிறது. இதைத்தக்க ஆர முள்ள உருளை லென்சுகளைப் பயன்படுத்தி நிவர்த்தி செய்யலாம்.

நுண்ணோக்கியியல் (Microscopy)

சாதாரணமான கண் 10 செ.மீ அண்மையிலுள்ள பொருளை தெளிவாகப் பாக்கக்கூடுமாயினும், பொருளை தெளிவாகப்

பார்க்கக்கூடுமாயினும், பொருளை 25 செ.மீ - தொலைவில் வைத்துப் பார்ப்பது கண்ணின் சிரமத்தைக் குறைக்கிறது. விழிலென்சிசுருந்து S தொலைவில் y உயரமுள்ள ஒரு பொருள் S^1 தொலைவிலுள்ள விழித்திரையில் y^1 உயரமான பிம்பத்தை தோற்றுவித்தால் $\frac{y}{y^1} = \frac{S}{S^1}$ அல்லது $\frac{y}{S} = \frac{y^1}{S^1}$

அதாவது பொருளும் பிம்பமும் லென்சில் தாங்கும் கோணங்கள் சமமாகும்.

ஒரு குவிலென்சைத்தனி நுண்ணோக்கியாகப் பயன்படுத்தலாம். லென்சிற்கும், அதன் குவியத்திற்குமிடையில் பொருள் இருக்குமாறு வைக்கப்படும். கண்ணை லென்சுக்கருகில் வைத்துப் பார்த்தால் பொருளிலிருக்கும் தொலைவைவிட அதிகமான தொலைவில் பெரிய பிம்பம் தோன்றும்.

அதன் உருப்பெருக்கம் $\left(\frac{v}{f} + 1\right)$ எனக்காட்டலாம்.

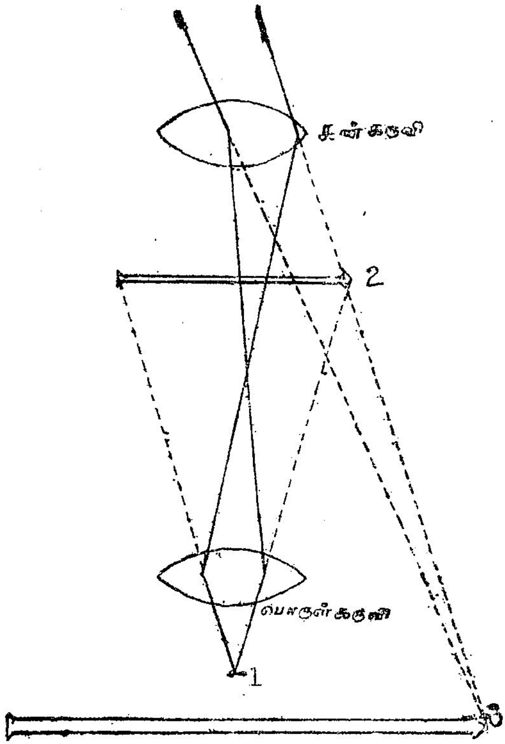
இங்கு v என்பது பொருள் தொலைவு அது எப்போதும் 25 செ.மீயாக இருக்கும்படி செய்யப்படும். எனவே உருப்பெருக்கம் சுமாராக $\frac{25}{f}$ எனலாம் உருப்பெருக்கத்தை 10X, 100X எனக்குறிப்பது வழக்கம்.

கூட்டு நுண்ணோக்கி (Compound Mircoscope)

கூட்டு நுண்ணோக்கியில் சிறிய . குவியத் தூரமுள்ள பொருளருகு கருவியும், கண்ண்ருகு கருவியும் உள்ளன. அவை பிறழ்ச்சிகளை குறைப்பதற்கான அமைப்புகளுள்ள கூட்டு லென்சுகளாகும் கருவி (2)ல் ஒரு மெய்ப்பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. அது கண்ணருகு கருவிக்குப் பொருளாகச் செயல்பட்டு (3)ல் ஒரு மாய பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. கூட்டு நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கம் இந்த மாய பிம்பத்தின் பரிமாணத்திற்கும் (1)ல் உள்ள பொருளின் பரிமானத்திற்கும் உள்ளதகவாகும். நுண்ணோக்கியின் உருப்பெருக்கம்

$$= \frac{L \times 25}{f1f2}$$

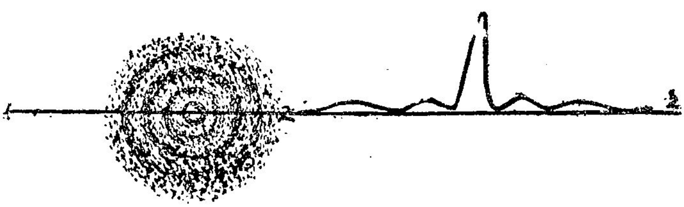
இதில் L நுண்ணோக்கிக்குழாயின் நீளம் f^1, f^2 ஆகியவை முறையே பொருளருகுக் கருவி, கண்ணருகு கருவி ஆகியவற்றின் குவியத்தூவாரங்கள்.



படம் 106

நுண்ணோக்கியின் பகு திறன் (Resolving Power)

வடிவ ஒளியியலில் ஒளி நேர்க்கோட்டில் பயணம் செய்வதாகக் கொள்ளப்படுகிறது. ஆனால் ஒரு கூர்மையான விளிம்



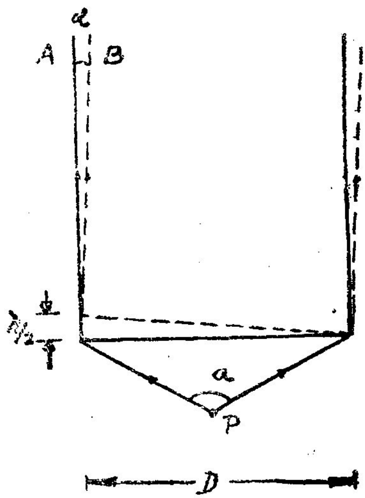
படம் 107

பின் நிழலை நுணுக்கமாகக் கவனித்தால் நிழலின் விளிம்பிற்குக் கீழே விளிம்பு விலகல் எனும் நிகழ்ச்சியினால் ஒளியின் செறிவு

மாறி மாறி அதிகரிப்பதும் குறைவதும் தெரியும். ஒரு புள்ளித் தோற்றுவாயின் பிம்பம் படத்தில் காட்டியது போல இருக்கும். இந்த உருவம் பிரான்ஹாபரின் விளிம்பு விலகல் பாங்கம் எனப் படும். ஒரு விட்டத்தின் வழியாக ஒளிச் செறிவை அளந்து ஒளிச்செறிவுக்கும், தொலைவிற்கும், இடையில் வரையப்படும் வரைபடம் படத்தில் காட்டியது போல இருக்கும். ஒளிச் செறிவின் முகடுகள் பெருமங்கள் எனவும் அகடுகள் சிறுமங்கள் எனவும் சொல்லப்படும். பிம்பத்தின் நடுவிலிருப்பது மையப் பெருமம் ஆகும்.

ராலேயின் நிபந்தனைகளின்படி அருகருகிலுள்ள இத்தகைய இரு பிம்பங்கள் தனித்தனியாகப் பகுக்கப்பட்டிருக்க வேண்டுமானால் ஒரு பிம்பத்தின் மையப் பெருமம் மற்ற பிம்பத்தின் முதல் சிறுமத்துடன் பொருந்த வேண்டும். இந்த நிலையில் இரு மையப் பெருமங்களுக்கும் நடுவிலுள்ள அகடுக்குமிடையிலுள்ள செறிவு வேறுபாடு, இரு மையப் பெருமங்களும் தனித்தனிப் புள்ளிகளாகத் தெரியுமளவிற்குப் பெரியதாயிருக்க வேண்டும்.

ஒரு நுண்ணோக்கியின் பொருளருகு கருவியின் குவியத்தில் P எனும் பொருள் இருக்கட்டும். அதிலிருந்து வரும் கதிர்கள்



படம் 108

பொருளருகு கருவிக்கு வெகுதூரத்தில் குவியப்படுகின்றன. P யிலிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றைகள் D விட்டமுள்ள துளை வழியே

செல்லும். அப்போது விளிம்பு விலகல் பாங்கம் தோன்றும். துளையின் விளிம்பில் கதிர்களுக்கிடையிலுள்ள பாதை வேறுபாடு அரை அலை நீளமாக $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ இருக்கும்படி, முதல் சிறுமம் α கோணத்திசையில் உருவாவதாகக் கொள்வோம். படத்திலிருந்து $\alpha \frac{\lambda}{2D}$ எனக் காட்டலாம். இதிலிருந்து அலை நீளம் அதிகரிக்கும்போதும், D யின் மதிப்பு குறையும்போதும் ஒரு நுண்ணோக்கியின் மூலம் தெரியும் ஒரு மிகச் சிறிய பொருளின் விளிம்பு விலகல் பாங்கம் பெரியதாகிறது எனத் தெரிகிறது. எனவே புள்ளியின் விளிம்பு விலகல் பாங்கம் தெரிய ஆரம்பித்த பின்னர் பொருளின் பரிமாணத்தை வரம்பின்றி அதிகரிப்பது பயனற்றது. விளிம்பு விலகல் பாங்கம் பெரிதானாலும், பிம்மம் தெளிவு அதிகரிக்காது. எனவே நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் அதன் பயனுறு திறனின் அளவாகும். ராலே ஒரு நுண்ணோக்கியின் பகுதிறனுக்கு $R = \frac{d}{1 \cdot 22\lambda}$ எனும் கோவையை உருவாக்கியுள்ளார். ஆகவே ஒரு நுண்ணோக்கியின் பகுதிறனை அதிகரிக்க d-யை அதிகரிக்கலாம். குறைந்த அலை நீளமுள்ள ஒளியைப் பயன்படுத்தலாம்.

எண்ணெ அமிழ்வு நுண்ணோக்கி (Oil Immersion Microscope)

நுண்ணோக்கியின் துளை n விலகல் எண்ணுள்ள ஒரு திரவத்தில் அமிழ்ந்திருக்கும்போது, ஒளியின் அலை நீளம் $\frac{1}{n}$ பங்கு குறைந்து விடுகிறது. எனவே பகுதிறன் அதே விகிதத்தில் அதிகரிக்கிறது. நுண்ணோக்கியின் துளை அகலத்தைக் கோண அடிப்படையில் குறிப்பது வழக்கம். அது துளை எண் (Numerical Aperture) எனப்படும். அது ஒரு புள்ளித் தோற்றுவாயிலிருந்து நுண்ணோக்கியில் நுழையக்கூடிய ஒளிக் கற்றையின் பெருமக் கோண விரிவு ஆகும். துளை எண் $= n \operatorname{Sin} a$

இதில் $\operatorname{Sin} a$ பொருளருகு கருவியின் பரிமாணத்தையும் அமைப்பையும் பொறுத்தது. ஆனால் பொருளுக்கும், லென்சுக்கும் இடையில் உயர்ந்த விலகு எண் உள்ள திரவத்தை நிரப்பித் துளை எண்ணை 1·5 மடங்கு அதிகரிக்கலாம். இது ஒளியின் அலை நீளத்தைக் குறைப்பதற்குச் சமமாகும். நடைமுறையில் தாங்கப்படும் கோணத்தின் பெரும அளவு 139° ஆகவும் துளை எண் மதிப்பு 1·42 ஆகவும் உள்ளது.

மருத்துவ நுண்ணோக்கிகளின் பொருளருகு கருவியல் மூன்று லென்சுகள் உள்ளன. ஒவ்வொரு லென்சும் பல லென்சு களின் தொகுப்பாகும். சிலவற்றில் இரண்டு, மூன்று அல்லது நான்கு தொகுதிகளாக லென்சுகள் ஒன்றோடொன்று ஒட்டப் பட்டிருக்கும். கவனமாக உருட்சிப்பிழை, நிறப்பிறழ்ச்சி ஆகியவை நீக்கப்பட்டிருக்கும். ஆனால் 40 xக்கு மேற்பட்ட உருப்பெருக்கம் உள்ள லென்சுகளில் சிறிது புலவளைவு (Curvature of field) இருக்கும். குறைந்த விலகல் எண்ணும், நிறப்பிரிகையும் உள்ள புளோரைட்டினால் செய்யப்பட்ட லென்சு கள் சிறப்பானவை. இத்தகைய லென்சுகள் அபோக்ரோமாடிக் லென்சுகள் எனப்படும்.

கண்ணருகு கருவிகளில் இருவகை உண்டு. அவை றைகன்ஸ் வகை, பெரிபிளான் வகை (Periplan type) ஆகியவை யாகும். நிறப்பிறழ்ச்சியற்ற பெரும்பாலான லென்சுகள் றைகன்ஸ் வகையிலேயே பயன்படுகின்றன. அதில் நிறப் பிறழ்ச்சியும், உருட்சி பிழையும் சிறும அளவிலிருக்குமாறு இரு லென்சுகள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். பெரிப்ளான் வகையில் மேல் லென்சு, இரு லென்சுகளின் தொகுப்பாகும். புலவளைவு நீக்கப்பட்டும், நிறப்பிழற்சி நன்கு திருத்தப்பட்டும் இருக்கும் வகையில் அவை ஒன்றோடொன்று ஒட்டப்பட்டிருக்கும். இவ் வகை அமைப்புகள் விலை உயர்ந்தவை.

நுண்ணோக்கியின் பீடத்தில் பொருளுக்கு ஒளியூட்ட ஒரு ஆடி இருக்கும். அந்த ஒளியைப் பொருள் முழுவதும் சீராகப் பரப்ப ஒரு கன்டென்சர் லென்சு உள்ளது. பொருளின் மீது விழும் ஒளிக்கூம்பைக் கட்டுப்படுத்தி பிரதிபலிப்பையும், மாதிரிப் பொருள் சூடாக்கப்படுவதையும் தடுக்க ஒரு துளைத் திரை (Iris) அமைக்கப்பட்டிருக்கும். பொருளின் தன்மைக் கேற்றப்படி அதன் விட்டத்தை மாற்றிக் கொண்டு தெளிவான பிம்பத்தைப் பெறலாம். சில உயிரியல் மாதிரிகள் பொருளருகு கருவியின் பின் லென்சு $\frac{2}{3}$ பங்கு நிறைந்திருக்கும்போது மட்டுமே தெளிவாகத் தெரியும். ஒளியை உட்கவர்ந்து புலனாகும் பொருள்களுக்குத் துளையை மூட மூட பகுதிறன் குறையும். ஒளி ஊடுருவக் கூடிய பொருள்களைத் துளையை மூடிவிட்டும் பகுதிறன் குறையாது பார்க்கலாம்.

கன்டென்சரை ஒரு சிறு தகட்டால் மூடிவிட்டுக் கரிய பின் புலத்தில் சாய்வாக ஒளியூட்டப்பட்ட பொருளைப் பார்க்க முடியும். ஒளி ஊடுருவும் பொருள்களுக்கு இது ஏற்றது. கூழ்

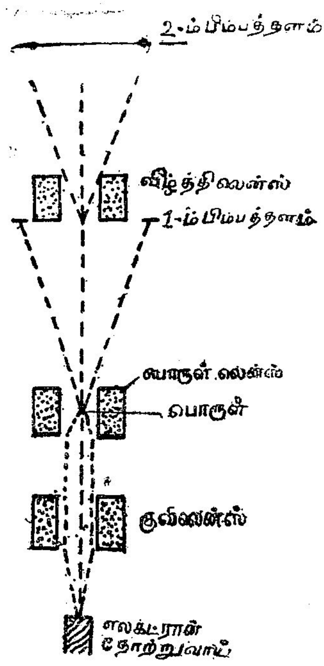
நிலையிலுள்ள நுண்பொருள்களை பார்க்க இம்முறையில் அல்ட்ராமைக்ராஸ்கோப் என்ற திருத்தப்பட்ட கருவி செயல் படுகிறது. ஒளி அச்சுக்குச் செங்குத்தாகச் செல்லுகின்ற ஒளிக் கற்றையினால் ஒளியூட்டப்பட்ட பொருளைப் பார்த்தால் தொங்கு நிலைத் துகள்கள் ஒளிரும் வட்டங்களாகப் புலப்படுகின்றன. ஆனால் துகள்களின் உருவத்தையோ, பரிமாணத்தைப் பற்றியோ தகவல் பெறமுடியாது.

கட்ட வேற்றுமை நுண்ணோக்கி (Phase Contrast microscope) என்பது இன்னொரு சீர்திருத்தப்பட்ட வகையாகும். இரு வெவ்வேறு ஊடகங்களின் வழியே செல்லும் இரு ஒளிக் கதிர் களுக்கிடையில் ஒரு கட்ட வேறுபாடு (Phase Difference) தோன்றுவதை அடிப்படையாகக் கொண்டு இது தயாரிக்கப் பட்டுள்ளது. பொருள் ஒரு புள்ளித் தோற்றுவாயிலிருந்து வரும் இணைக்கற்றையினால் ஒளியூட்டப்படும். பொருளருகு கருவிக் கும் கண்ணருகு கருவிக்குமிடையில் ஒரு கால் அலைநீளத் தகடு (quarter wave length plate) வைக்கப்படும். பொருள் மெல்லிய தாகவோ, அது அமிழ்ந்திருக்கும் ஊடகத்தைப் போன்ற ஒளிப் பண்புகள் உள்ளதாகவோ இருக்கும்போது தெளிவான வேறு பாடுகளுடன் தெரியும். இக்கருவி பகுதிறனை அதிகரிப்பதில்லை. ஆனால் பொருளின் விவரங்கள் தெளிவாகத் தெரியும்.

குறைந்த அலை நீளமுள்ள கதிர்களைப் பயன்படுத்திப் பகு திறனை அதிகரிக்கலாம் என முன்னர் கண்டோம். இதற்காக புறஊதாக் கதிர்களும் எலக்ட்ரான் கதிர்களும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. புறஊதாக் கதிர்களைக் கண்ணாடி உட்கவர்ந்து விடுமாதலால், அதற்கான கருவிகளில் குவார்ட்ஸினாலான பாகங்கள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. பொருள்களின் உட் கவர்தல் பண்புகளின் காரணமாக $2200°$A—$4000°$A வரையி லுள்ள அலை நீளங்களையே பயன்படுத்த முடிகிறது. புறஊதாக் கதிர்களினால் பெறக்கூடிய சிறுமப் பிரிகை $0 \cdot 1$ மைக்ரான் ஆகும். புறஊதாக் கதிகள் கண்ணுக்குப் புலப்படாதாகையால் பிம்பத்தைப் புகைப்படமெடுத்தோ அல்லது புறஊதாக் கதிர் களால் ஒளிர்வு செய்கின்ற தகடுகளை பயன்படுத்தியோ தான், பொருளைக் காணமுடியும். அலை நீளம் குறையும்போது பொருள் களின் விலகல் எண் குறைவதால், புறஊதாக் கதிர்களைப் பயன் படுத்துகையில் பகுதிறன் அதிகரிப்பதோடு, பொருள்களைத் தெளிவாகப் பிரித்தறிய முடிகிறது. உயிருள்ள மாதிரிகளைப் புறஊதாக் கதிர்கள் சேதப்படுத்தக் கூடும். எனவே அத்தகைய மாதிரிகளைப் பயன்படுத்தும்போது முடிவுகளைக் கவனத்துடன் ஆராயவேண்டும்.

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி

டீப்ரோக்ளி எலட்ரான் கற்றைகள் அலைப் பண்புள்ளவை எனக் கண்டு பிடிட்தார். இத்தகைய அலையின் நீளம் $\lambda = \frac{h}{mv}$ இதில் λ அலை நீளம் (செ.மீ) h-பிளாஸ்க் மாறிலி $= 6 \cdot 624 \times 10^{27}$



படம் 109

எர்க்விநடி m-எலக்ட்ரானின் நிறை (கிராம்) v = எலக்ட்ரான்களின் வேகம் (செ.மீ/விநடி) எலக்ட்ரான் கற்றையை நுண்ணோக்கியில் பயன்படுத்துமளவிற்குக் குறைந்த அலை நீளமுள்ளதாக்க 50,000 வோல்ட்கள் வரையான முடுக்க மின்னழுத்தங்களைப் பயன்படுத்த வேண்டும். இத்தகைய உயர் வேகங்களில் சார்பு நிலை விளைவுகளைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். வேகத்தினால் நிறையில் ஏற்படும் மாற்றத்தைப் பின்வரும் சமன்பாட்டினால் பெறலாம்.

$$m = \sqrt{\frac{m_0}{1 - \left(\frac{v}{C}\right)^2}}$$

இங்கு m—எலக்ட்ரானின் பயனுறு நிறை (கிராம்கள்)

m_0—எலக்ட்ரானின் ஓய்வு நிறை $= 9 \cdot 107 \times 10^{28}$ கிராம்கள்

$v =$ வேகம் செ·மீ/விநாடி)

$C =$ ஒளியின் வேகம் (செ·மீ/விநாடி)

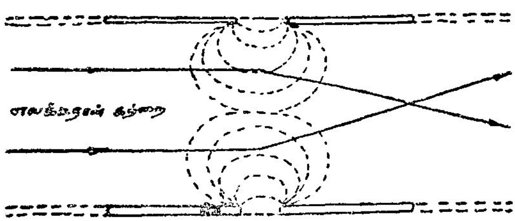
எனவே

$$\lambda = \frac{h}{m_0 v \Big/ \sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} \times \frac{h}{v}$$

60000 வோல்ட்டுகளினால் முடுக்கப்படும் எலக்ட்ரான் கற்றையின் அலை நீளம் 0·049A° எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் துளை எண் 0·02 எனில், பகுதிறன் 0·0004 மைக்ரான்களாகும்.

சூடாக்கும்போது எலக்ட்ரான்களை வெளி விடுகின்ற பேரியம், ஸ்ட்ரான்ஷியம் போன்ற பொருள்களின் ஆக்சைடுகள் தடவப்பட்ட உலோகப் பாப்பு எலக்ட்ரான் தோற்று வாயாகப் பயன்படுகிறது. ஒரு கிரிட் எலக்ட்ரான் கற்றையைத் தேவைப் படும் அளவிற்கு முடுக்கிவிடும். எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிப்பதற்கு இருவகையான லென்சு சாதனங்கள் பயன் படுகின்றன.

நிலை மின்வகை லென்ஸ் என்பது வெவ்வேறு மின்னழுத் தங்களிலுள்ள இரு மின்வாய்களாகும். இவை துளையிட்ட திரைகளாகவோ, குழாய் வடிவிலோ இருக்கும். படத்தில்



படம் 110

குழாய் வடிவ மின்வாய்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஒரு கண்ணாடி லென்ஸ் ஒளிக்கற்றையை குவியப்படுத்துவது போலவே இவை யும் எலக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிக்கின்றன. மின்னழுத்தம் மாறும்போது, எலக்ட்ரான் அலை நீளம் மாறினாலும் அதிர்வெண்

மாறுவதில்லை. எனவே மின்னழுத்தமானது, கண்ணாடி லென்சு களின் விலகு எண்ணுக்குக்கொப்பாகும்.

காந்தப் புலத்தையும் லென்சுகளாப் பயன்படுத்தலாம். ஒரு கம்பிச் சுருளின் நடுவில் உருவாவதைப் போன்ற ஒரு சீரான காந்த புலத்தில் ஒரு எலக்ட்ரான் நுழைந்தால் அது ஒரு சுருள் பாதையில் செல்கிறது. இவ்வாறு ஒரு விரிந்து செல்லும் எலக்ட்ரான் கற்றையை ஒரு சீரான காந்தப் புலத்தில் செலுத்திக் குவியப்படுத்தலாம். ஆனால் இதில் எலக்ட்ரான் பாதையின் ஒவ்வொரு திருப்பத்திற்கும் ஒரு குவியம் ஆக வரிசையாகக் குவியங்கள் ஏற்படுகின்றன.

ஒளியியல் நுண்ணோக்கியிலிருப்பதைப் போலவே எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியிலும் இரண்டு லென்சு அமைப்புகள் உள்ளன. முதல் லென்சு அமைப்பு கற்றையைக் குவித்துப் பொருளைச் சீராக ஒளியூட்டும்.

சோதிக்கப்படும் மாதிரி (Sample) மிக மெல்லியதாக இருக்க வேண்டும். அது கொலோடியன் அல்லது பாம் வாரினல் (Formvar) ஆன ஒரு மெல்லிய படலத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக் கும். காற்றின் உட்கவர்ச்சியைக் குறைப்பதற்காக மாதிரி யைச் சுற்றிலும் வெற்றிடமாகக்கப்பட வேண்டும். மாதிரியைக் கடக்கும் போது சில எலக்ட்ரான்கள் உட்கவரப்படும். பொரு ளருகுகருவி பின்னர் கற்றையை முதல் பிம்பத்தளத்தில் குவியப்படுத்தும். அப்போது சுமார் 100 உருவப்பெருக்க மேற்படும். இரண்டாவது லென்ஸ் முதல் பிம்பத்தை இரண்டாம் பிம்பதளத்தில் சுமார் 100 உருப்பெருக்கத்துடன் குவியப்படுத்தும். எனவே மொத்த உருப்பெருக்கம் 10,000 ஆகும். எலக்ட்ரான் கற்றையை ஒரு ஒளிரும் தகட்டின் மீது விழச்செய்தோ அல்லது புகைப்படமெடுத்தோ பிம்பத்தைப் பெறலாம்.

எலக்ட்ரான் கற்றை மிகக்குறைந்த அலை நீளமுடையதா யிருப்பது சிறப்பானது. 10 ஆங்ஸ்ட்ராம் வரையில் பகுதிறன் கிடைக்கிறது. ஆனாலும் இதில் துளை எண் குறைவாயிருக் கிறது. அதுவும் சில விஷயங்களில் சாதகமாக உள்ளது. எலக்ட்ரான் கற்றையினாலும் நிறப்பிறழ்ச்சி, உருட்சிப் பிறழ்ச்சி ஆகியவை தோன்றுகின்றன. ஆனால் துளை மிகச் சிறிய தாயிருப்பதால் அவை அவ்வளவு பாதகம் விளைவிப்பதில்லை. குவிய ஆழமும் அதிகமாயிருக்கிறது. கற்றை அச்சை ஒட்டியும் அதற்கு இணையாவும் உள்ளது.

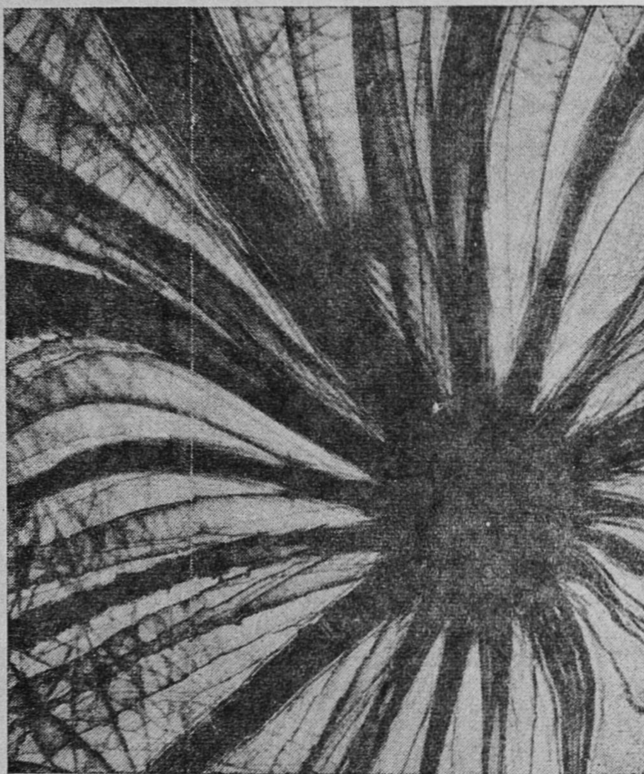
சுற்றுப்புறத்திலுள்ள மின்சார, காந்தப் புலமாற்றங்கள் எலக்ட்ரான் கற்றையைப் பாதிக்கக்கூடும். கருவியின் அதிர்ச்சியும் பிழையேற்படுத்தும். மாதிரியை வெற்றிடத்தில் வைப்பதால், மாதிரியுடன் ஆவியாகக் கூடிய பொருள் எதுவும் கலந்து இருக்காமல் பார்த்துக் கொள்ளவேண்டும். சிறிது நேரம் பயன்படுத்தப்பட்ட பின்னர் எலக்ட்ரான் கற்றையை நெருங்கியுள்ள பரப்புகளின் மேல் ஒரு கடத்தாப் படலம் தோன்றிவிடுகிறது. அது மின்னேற்றமடைந்து பிம்பங்மிளில் உருக்குலைவை ஏற்படுத்தும்.

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியை இயக்குவது நிபுணர்களால் தான் முடியும். உயிரியல் மாதிரிகள் கார்பன், நைட்ரஜன், ஆக்சிஜன், டைட்ரஜன் ஆகியவற்றாலானவை. அவை எலக்ட்ரான்களை எளிதாக உட்கவரவோ, சிதறவைக்கவோ செய்யாது. எனவே உயர்ந்த அளவு பகுப்பில் தெளிவு இருக்காது. எனவே ஆஸ்மிக் அமிலம், பாஸ்போடஸ்டிக் அமிலம் போன்ற கனத்தனிமச் மச்சேர்மங்கள் மாதிரிகளின் மேல் பூசப்படும். அவை எலக்ட்ரான்களை எளிதாக உட்கவரும்.

மிக நுண்ணிய பொருள்களைப் பார்பதற்கு பக்கத்திலுள்ள ஒரு தோற்றுவாயிலிருந்து கனமான தனிமங்களின் ஆவியை அவற்றின் மேல் செலுத்தப்படுகிறது. தங்கம், வெள்ளி, குரோமியம போன்ற உலோகங்கள் இதற்கு பயன்படுகிறன. ஆவி வரும் திசையிலுள்ள பக்கங்களின் மேல் உலோகப் படலம் படிந்திருக்கிறது. கூர்மையான நிழல்களும், ஒளிவேறுபாடுகளும் தோன்றி, வெளி உருவங்கள் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. எலக்ட்ரான் மைக்ராஸ் கோப்பின் வழியாகப் பார்க்கும் போது தனி மூலக்கூறுகளின் உருவங்கள் கூட தெரிகின்றன. ஆனால் உயிரியல் மாதிரிகளை ஆராயும் போது அவை முழுமையாக உலர்த்தப்பட்டிருக்கவேண்டும். அதனால் அவற்றின் பண்புகளும் மாறிவிடக் கூடாது. எலக்ட்ரான் கற்றை அவற்றின் கட்டமைப்புகளைக் கணிசமாக மாற்றியமைத்துவிடக்கூடும். ஆகவே ஆராய்ச்சியாளர் இவற்றையெல்லாம் மனதில் கொண்டே தனது பதிவீடுகளை விளக்கப்படுத்த வேண்டும்.

இத்தனை இடைஞ்சல்கள் இருந்தாலும் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி நுண்ணுயிரியலில் ஒரு புதுப்பாதையைத் திறந்துவிட்டுள்ளது என்பதை மறுக்கவியலாது. உயிரியலில் பலப்பல

புதுக்கண்டுபிடிப்புகளுக்கு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி வழி கோலியுள்ளது.



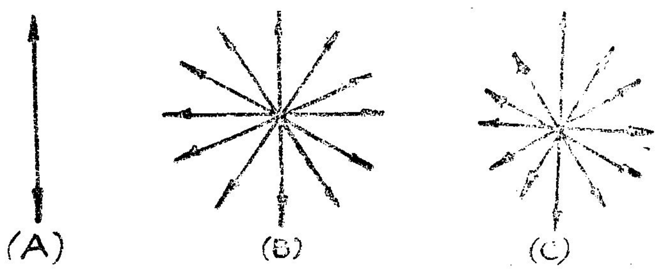
படம் 110A

டங்ஸ்டன் ரேக்கின் படம்
எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் எடுத்தது.

23. உயிரிகளில் ஒளித்தள விளைவு (Optical Activity)

ஒளியின் அலைபண்பு

ஒளி அலையில் ஒரு தளத்தில் அதிர்வு செய்கின்ற மின் புலமும், அதற்குச் செங்குத்தான தளத்தில் அதிர்வு செய்கின்ற காந்தப்புலமும், ஒளி செல்லும் கோட்டில் ஒன்றையொன்று வெட்டிக் கொள்கின்றன. பொருளில் உள்ள அணுக்களின் எலக்ட்ரான்கள் அதிர்வடைவதால் ஒளி வெளிப்படுகிறது. இந்த எலக்ட்ரான்கள் ஒரு தளத்தில் மட்டுமே அதிர்வு செய்யலாம். அப்போது வெளிபடும் ஒளி அலை ஒரே தளத்தில் அதிர்வடையும் பொருளில் அணுக்கள் எல்லாத் திசைகளிலும் அமைந்திருந்தால் அதிலிருந்து வெளிபடும் மொத்த ஒளியில் எல்லாத் திசைகளிலுமுள்ள தளங்களிலும் அதிர்வு செய்கின்ற அலைகள் அடங்கியிருக்கும்.



படம் 111

மின்புலச் செறிவு (மின்வெக்டார்) ஒளி செல்லும் திசைக்கு குறுக்காக உள்ள எல்லாத் திசைத் தளங்களிலும், சமமான வீச்சுடன் அலைவு செய்யுமானால் (படம் B) அத்தகைய ஒளி தளவிளைவடையாத (unpolarised) ஒளி எனப்படும். மின்வெக்

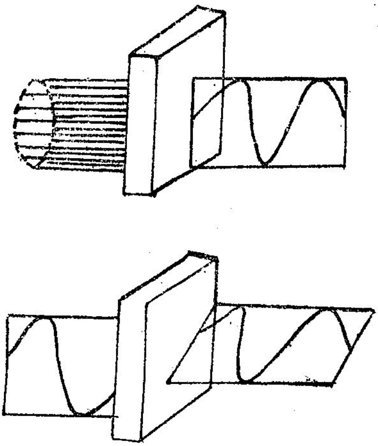
டார்கள் எல்லாத் திசைகளிலும் அதிர்வு செய்து கொண்டிருக்கும்போது அவற்றின் வீச்சுகள் சமமாயில்லாவிட்டால் பகுதி தளவிளைவுற்ற (Partially Polarised) ஒளி கிடைக்கிறது. (படம் C) காந்தப் புலச்செறிவும் இதேபோல ஆனால் மின்புலத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் அதிர்வு செய்து கொண்டிருக்கும். ஆனால் காந்தபுலம் கட்டத்தில் மின்புலத்திற்கு 90° பின் தங்கியே இருக்கும்.

ஏதாவது ஒரு வழியில் மின்அதிர்வுத் தளங்களில் ஒன்றைத் தவிர மற்றவற்றை நீக்கிவிட முடிந்தால், நமக்கு ஒரு தள விளைவுற்ற (Plane polarised) ஒளி கிடைக்கிறது. (படம் A) ஒளி அலைக்குத் திசை வேகமும் அதிர்வெண்ணும் அடிப்படைப் பண்புகளாகும். அவற்றிலிருந்து அலைநீளம் எனும் பண்பு வருவிக்கப்படுகிறது. திசை வேகமும் அலை நீளமும் ஒளி பொருள்களுக்குள் நுழையும்போது மாறக்கூடியவை. அதிர்வெண் மட்டுமே மாறுதது. ஒரு அலையின் மின்வெக்டாரின் தளத்தை அதிர்வுத்தளம் எனக் குறிப்பிடுவது வழக்கம். அதிர்வுத் தளமும், தளவிளைவுத் தளமும் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தானவை. வெற்றிடத்தில் அல்லது காற்றில் ஒளி 3×10^{10} செ. மீ. வினாடி வேகத்துடன் செல்கிறது. அடர்த்திமிக்க ஊடகத்தின் வழியே செல்லும்போது அதன் வேகம் கணிசமாகக் குறைகிறது. வெற்றிடத்தில் வேகத்திற்கும், ஊடகத்தில் வேகத்திற்கும் உள்ள தகவு ஊடகத்தின் விலகல் எண் எனப் படுகிறது.

$$\frac{V\ \text{காற்று}}{V\ \text{ஊடகம்}} = N\ \text{ஊடகம்}$$

ஒரு படிக அமைப்பில் அணுக்கள் கீற்றணியைப்போல அமைந்திருப்பதாய்க் கொள்வோம். படிகத்தின்மேல் தளவிளைவடையாத ஒளி பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக விழுந்தால் அது இரு ஆக்கக் கூறுகளாகப் பிரியும். அவை வெவ்வேறு வேகங்களுடன் வெவ்வேறு பாதைகளில் செல்லும். அவற்றில் அசாதாரணக் கதிர் (Extra ordinary) எனப்படுவது லம்பத்திலிருந்து விலகி கீற்றிணியின் வரிசைக்கு இணையாகத் தளவிளைவுற்றிருக்கும். சாதாரணக் கதிர் (ordinary Ray) எனப்படும் மற்றது விலகாமல் நேராகச் செல்லும். அது கீற்றணி வரிசைக்குச் செங்குத்தான திசையில் தளவிளைவுற்றிருக்கும். எனவே நமக்கு ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான திசைகளில் தளவிளைவுற்றிருக்கும் இரு கதிர்கள் படிகத்திலிருந்து கிடைக்

கின்றன. இந்த நிகழ்ச்சி இரட்டை ஒளிவிலக்கம் (Birefringence) எனப்படும்.



படம் 112

படுகதிர் முன்னதாகவே ஒரு தளவிளைவுற்றதாக இருந்தால், தள விளைவுத் தளம் பரவல் அச்சைப் பொறுத்து சுழற்றப்படுகிறது. இது சுழற்சி இரட்டை விலக்கம் (Rotary Birefringence) அல்லது ஒளித் தளச் சுழற்சி (Optical Rotation) எனப்படும். அல்லது அதிர்வுத் தளம் சுழன்று மின்வெக்டாரின் முனைப்புள்ளி படிகத்தைவிட்டு வெளியேறிய பின்னர் தக்கைத் திருகு (Care Screw) போன்ற பாதையில் செல்லலாம். இப்பாதையின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் வட்டமாயிருந்தால் ஒளி, வட்டத் தள விளைவுற்றதாகச் (Circularly Polarised) சொல்லப்படும். நீள் வட்டமாயிருந்தால் நீள்வட்டத் தள விளைவுற்றதாகச் (Elliptically Polarised) சொல்லப்படும்.

வழக்கமாக ஒரு இரட்டை விலக்கப் படிகத்தில் இரு கதிர்களும் வெவ்வேறு வேகங்களில் பரவுகின்றன. படிகம் மெல்லியதாயும் சீரானதாயுமிருப்பின் இரு கதிர்களும் அவ்வளவாகப் பிரியாது, படிகத்தை விட்டு வெளியேறியவுடன் மீண்டும் இணைந்து விடும். அப்போது அவற்றில் ஒரு கட்டவேற்றுமையிருக்கும். படுகதிர் தள விளைவடையாததாக இருந்தால், இந்த கட்ட வேற்றுமை அற்பமானதாயிருக்கும். ஆனால் படுகதிர் ஒரு தள விளைவுற்றதாக இருந்தால், வெளிவரும் கதிர் சுவாரஸ்யமான பண்புகளுடையதாக இருக்கும். சிறப்பாக

படுகதிர், சாதாரணக் கதிர், அசாதாரணக் கதிர் ஆகியவற்றின் தளங்களுக்கு 45°யில் ஒரு தளவிளைவுற்றிருந்தால் வெளிவரும் ஒளி, ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக ஒரு தள விளைவுற்றவையும் கட்ட வேறுபாடுள்ளவையுமான இரு கதிர்களின் தொகு பயனாகும். இந்தக் கட்ட வேறுபாடு, அரை சைக்கிள்களின் முழு எண் மடங்குகளுக்குச் சமமானால், வெளிவரும் கதிர் படு கதிரைப் போலவே ஒரு தள விளைவுற்றிருக்கும். அல்லது அதற்குச் செங்குத்தான திசையில் ஒரு தள விளைவுற்றிருக்கும் கட்ட வேறுபாடு கால் சைகிள் அல்லது கால் சைக்கிளின் ஏதாவது ஒற்றைப்படை எண்ணின் மடங்காக இருந்தால் வெளி வரு கதிர் வட்டத்தள விளைவுற்றதாக இருக்கிறது. மின்புலம் வீச்சு மாற்றமின்றி தக்கைத் திருகுபோலச் சுழல்கிறது. இவ் விரண்டு மதிப்புகளுக்கு இடைப்பட்ட கட்ட வேறுபாடுகளிருந் தால் நீள் வட்டத் தள விளைவுற்ற ஒளி கிடைக்கும். அதாவது மின்புலம் வீச்சு மாற்றத்துடன் சுழல்கிறது. நீள் வட்டத்தின் பெரிய அச்சும், மையப் பிறழ்வும் (Eccentricity) இரு கதிர்களின் கட்ட வேறுபாட்டைத் பொறுத்து மாறுகின்றன.

திசையொப்புப் பண்புள்ள பொருள்களில் (Isotropic) எல்லாத் திசைகளிலும் ஒளியின் வேகம் ஒன்றே. ஆனால் திசை யொவ்வாப் பண்புள்ள (Anisotropic) பொருள்களில் தள விளை வுற்ற திசைக்குத் தக்கபடி ஒளியின் வேகம் மாறுகிறது. இது இரட்டை விலக்கப் பொருள்களின் இயல்பாகும். அவற்றில் இருவிதக் கதிர்களின் விலகல் எண்களும் வெவ்வேறாக இருக்கும்.

சில ஒரு படித்தான பண்புள்ள பொருள்களில் ஒரு குறிப் பிட்ட திசையில் ஒளி நுழைந்து செல்லும்போது மட்டும் அதன் மின்வெக்டார் எப்படியிருந்தாலும் ஒரே அலைத்திசை வேகத் துடன் செல்கின்றது. இது அப்பொருளின் ஒளி அச்சு (Optic axis) எனப்படும். இத்தகைய பொருள்கள் ஓரச்சுப் படிகங்கள் (uniaxial Crystals) எனப்படும் இன்னும் சில பொருள்களுக்கு இவ்வாறான இருதிசைகள் இருக்கும். அவை ஈரச்சுப் படிகங்கள் (Biaxial Crystals) எனப்படும்.

உயிரியல் பொருள்களில் ஒளி விளைவு காட்டாத அமைப்பு களில் இரட்டை விலக்கம் காட்டுகின்ற பொருள்கள் பரவியிருக் கின்றன. அவற்றை ஆராய்வதற்கு தள விளைவு நுண்ணோக்கி (Polarising Microscope) பயன்படுகிறது. அதில் தளவிளைவு காட்டாத கண்ணாடியாலான லென்சுகள் இருக்கும். பீடத்தின்

கன்டென்சருக்கடியில் ஒரு நைக்கல் பட்டகம் போன்ற தள விளைவாக்கி (Polariser) நுழைக்கப்பட்டிருக்கும். பொருளருகு கருவிக்கு மேலே அதே போன்ற இன்னொரு நைக்கல் பட்டகம் இருக்கும். ஆனால் அது முதல் பட்டகத்திற்குச் செங்குத்தான தளத்தில் தளவிளைவு ஏற்படுத்துமாறு அமைந்திருக்கும். அது பகுப்பான் (Amalyser) எனப்படுகிறது. இந்த இரு தள விளைவாக்கிகளுக்கு இடையில் ஒரு ஒளியியல் விளைவு காட்டும் பொருளை வைத்தாலேயொழிய, அவை தன் வழியே ஒளியைச் செல்லவிடாது. ஆகவே பார்வைப் புலம் கருமையாக இருக்கும். சில சமயங்களில் ஓர் ஈடுகட்டும் கருவியையும் (Compens ator) ஒளிப் பாதையில் வைத்துப் பயன்படுத்துவதுண்டு. அதன் உள்ளே ஒரு இரட்டை விலக்கப் படிகம் இருக்கும். அதன் நிலையை மாற்றுவதனால் சாதாரண அலைக்கும் அசாதாரண அலைக்குமிடையிலுள்ள கட்ட வேற்றுமையை மாற்றியமைக்க முடியும் பொருளில் இழைகள் ஒளி அச்சுக்கு இணையாக இருந்தால் அவை நேரின இரட்டை விலக்கமும், ஒளி அச்சுக்கு குறுக்காக இணை இழைகள் உள்ள பொருள்கள் எதிரின இரட்டை விலக்கமும் காட்டுவதாகச் சொல்லப்படும். காம்பன்சேடரில் உள்ள அளவு காட்டி சுழலும் திசையைக் கொண்டு இவற்றை நிர்ணயிக்கலாம். இக்கருவியைப் பயன் படுத்திப் பொருள்களின் இரட்டை விலகத்தை அளக்கலாம். தள விளைவாக்கியையும் பகுப்பானையும் பார்வைப்புலம் கருப் பாக இருக்குமாறு சரிப்படுத்த வேண்டும். பின்னர் பொருளை மேடை மீது வைத்துச் சரிப்படுத்தி நுண்ணோக்கியின் வழியே பெருமஅளவு ஒளி செல்லுமாறு அமைக்கப்படும்.

உயிரிகளில் தள விளைவு ஏற்படுவது கொழுப்புப் பொருள் களாலும் புரத மூலக் கூறுகளாலுமாகும். கொழுப்பு மூலக் கூறுகள் சிறியதாயும் வலுவான இரட்டை விலக்கப் பண்புள்ள தாயும் உள்ளன. புரத மூலக்கூறுகள் நீளமாக, குறைந்த இரட்டை விலக்க பண்புள்ளவையாயிருக்கின்றன. புரத இழைகள் நீளமான பாலிபெப்டைடு சங்கிலிகளாலானவை. அவற்றின் நீள அச்சுகள் இணையாக இருக்கும். இந்த மூலக் கூறு இழைகள் மூனைகளிலுள்ள இணைப்புச் சங்கிலிகளால் பக்க வாட்டில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இப்பொருள்களின் பௌதிக ரசாயனப் பண்புகள் இந்தப் பிணைப்புகளின் நிலைத் தன்மை யைப் பொறுத்துள்ளன. இவை வலுவாயும் இழைகள் நீளமாயு மிருந்தால் அவற்றால் தோன்றும் திசுக்கள் உறுதியாயும் மீள் தன்மையுடனும் உள்ளன. (தசை நாண்கள், இணைப்புத் திசுக்கள்) சங்கிலிகள் குட்டையாக இருந்தால் (மயிர் போன்ற)

சிறிய திசுக்கள் தோன்றுகின்றன. புரதங்கள் நிறைந்த அளவிலான கரைப்பானில் கலந்திருந்தால் தசைகள், செல்லிடை இழைகள் போன்ற சுறுசுறுப்பாக வளர்சிதை மாற்றம் செய்யும் பகுதிகள் தோன்றுகின்றன. இவ்வாறு உயிர்ப் பகுதிகளிலுள்ள மூலக்கூறுகள் அமைந்திருக்கும் விதத்தைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்ளுதல், அப்பகுதிகளுக்கு உயிர் கொடுக்கும் காரணிகளைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்வதில் பயன்படுகிறது.

எலும்புத் தசைகளில் ஒற்றை அச்சு இரட்டை விலக்கம் ஏற்படுகிறது. சீரான தசைகளில் இழையின் நீளம் முழுவதும் இரட்டை விலக்கம் சீராக உள்ளது. ஆனால் எலும்புத் தசைகளில் வலுவான இரட்டை விலக்கப் பகுதிகளும் குறைவான இரட்டை விலக்கப் பகுதிகளும் மாறிமாறி வருகின்றன. இவை மாறிமாறி திசையொப்புப் பண்பும், திசையொவ்வாப் பண்புமுள்ள பட்டைகளாகும்.

சீரான தசைகளில் இழுவிசை அதிகரிக்கும் போது இரட்டை விலக்கமும் அதிகரிக்கிறது. அது தசையின் நீளத்தின் வர்க்க மூலத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருப்பதாக போஸ்லர், கோட்ரெல் (1937) ஆகியோர் காட்டியுள்ளனர். தசைகளில் தனித்தனி புரதச் சங்கிலிகள் ஓரளவு ஒருமுகம் பட்டுள்ள நீண்ட தொடர்பு அமைப்புகள் உள்ளன எனத் தெரிகிறது. தசைகள் இழுககப்படும் போது இத் தொடர் அமைப்புகள். இன்னும் செம்மையாக ஒருமுகப்படுகின்றன. எலும்புத் தசைகள் ஓய்வு நிலையிலிருந்து சுருங்கும் போது அவற்றின் இரட்டை விலக்கம் ஏறக்குறைய 40% குறைகிறது. ஆனால் நீட்டப்பட்ட தசை சுருங்கும்போது இரட்டை விலக்கம் அதிகமாகிறது. இதிலிருந்து தசைகளிலுள்ள புரத மூலக்கூறுகள் ஓய்வு நிலையில் ஒளித்திசையில் ஒரு முகப்பட்டுள்ளன. சுருங்கும் போது அல்லது நீட்டப்படும்போது தோன்றும் மாற்றம் தசையில் தோன்றும் திரிபின் ஒளியியல் மீட்சி (Photoelastic effect) விளைவாக ஏற்படுவதாகக் கொள்ளலாம். இழுவிசை உருவாவதும், தசையில் இரட்டை விலக்கம் ஏற்படுவதும் தனித்தனியான விளைவுகளாகும்.

சிலியறைத் தசைகள் கசை இழைகள் (Flagellae) குச்சிப் போலிக்கால்கள் (axopodia) இழைப் போலிக் கால்கள் (Filapodia) புரோட்டோ சோவாக்களின் தசை மெல்லிழைகள் (Myonemes) விந்து அணுவால்கள் போன்ற பல பொருள்கள் நேரின இரட்டை விலக்கப் பண்புள்ளன. கதிரி (Spindle)

மற்றும் தாரகை (Astral) இழைகள், பிரிகை அடைகின்ற செயல்களின் குரோமோ சோம்கள் ஆகியவையும் இரட்டை விலக்க முள்ளவை. நரம்புகளிலுள்ள ஆக்சன்களில் (axons) இரட்டை விலக்கம் செய்பவை. இவற்றிலெல்லாம் மூலக்கூறுகள் இழைகளாகவும் படிகங்களாகவும் உள்ளன.

விந்துத் தலைகளை தலைகளை ஆராயும் போது அவற்றில் மிகச் செறிவுள்ள குரோமோ சோம் பொருள்கள் உள்ளன எனத் தெரிகிறது. அவற்றிலுள்ள கரைப்பான்களின் அளருக்குத் தக்கபடி இரட்டை விலக்கம் லேசான நேரினத்திலிருந்து உயர்ந்த எதிரின அளவிலுள்ளது.

சம்மிகினஸ் (Psammechinus) முட்டைகளின் குரோமோ சோம்கள் பிரிகையடையும்போது வலுவான இரட்டை விலக்க மாற்றம் ஏற்படுகிறது. இது கரைப்பானின் அளவில் ஏற்படும் மாற்றத்தினால் ஏற்படுவதாகக் கருதப்படுகிறது. மயலின் உறை விவரமாக ஆராயப்பட்டுள்ளது. அது நேரின இரட்டை விலக்கம் காட்டுகிறது. அதன் ஒளி அச்சுகள் ஆரத்திசைகளில் அமைந்துள்ளன. அதன் இரட்டை விலக்கம் கொழுப்பு அணுக்களால் ஏற்படுகிறது. மயலின் உறையில் நேரின இரட்டை விலக்கம் காட்டும் கொழுப்புப் படலங்களும், எதிரின இரட்டை விலக்கம் காட்டும் புரதப் படலங்களும் மாறி மாறி பரப்பிற்கு இணையாக அமைந்துள்ளன. இப்படலங்களின் தடிமன்கள் ஒரு அலை நீளத்திற்கும் குறைவான. எக்ஸ்ரே ஆராய்ச்சிகளும் இம்முடிவுகளை ஆமோதிக்கின்றன.

நரம்பு சங்கேதங்கள் செலுத்தப்பட்டால் இரட்டை விலக்கத்தில் அவ்வளவாக மாற்ற மேற்படுவதில்லை.

சிவப்பணுச் சவ்வும் மயலின் உறையைப் போன்றே நடந்து கொள்கிறது. ஆகவே அதிலும் கொழுப்பு படலங்களும், புரதப்படலங்களும் மாறி மாறி அமைந்துள்ளதாக ஊகிக்கலாம். இதே போன்ற விளைவுகள் கடல் பிராணிகளின் முட்டை செல் சவ்வுகளிலும், புதிய நரம்பு செல் சவ்வுகளிலும் தெரிகின்றன. நரம்பு செல்களின் கருச் சவ்வுகள் எதிரின இரட்டை விலக்கம் காட்டுகின்றன.

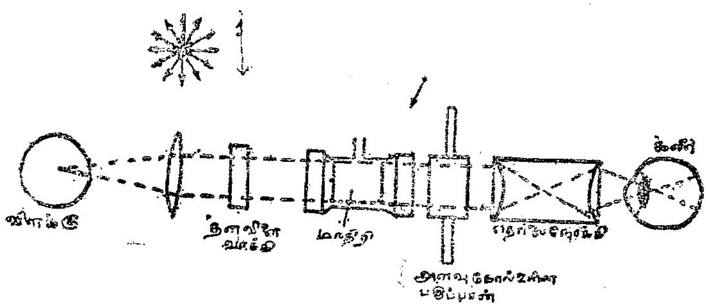
பல பொருள்கள் வெவ்வேறு ஒளி அச்சுத் திசைகளில் வெவ்வேறு ஒளி உட்கவர் திறன் உள்ளளவையாயிருக்கின்றன

இது இவ் இரு நிறம் அல்லது பல நிறம் காட்டும் பண்பு (Dichroism or Poly chroism) எனப்படுகிறது. ஒரு தள விளை

வாக்கியைச் சுழற்றி, பொருளிலிருந்து வரும் ஒளிச் செறிவில் ஏற்படும் மாற்றத்தைக் காணலாம். இது பொருளின் திசையெவ்வாப் பண்பினுல் ஏற்படுகிறது. விழித்திரை கோல்களில் ரோடேப்சின் உள்ளதால் அவை இப்பண்புள்ளவையாயிருக்கின்றன. இத்தகைய பண்புள்ளவைகளை, நுண்ணோக்கியில் ஆராயப்படும் திசுக்களின் மேல் தடவினுல், விவரங்கள் தெளிவாய்த் தெரியும்.

ஒளிதளச் சுழற்சி (Optical Rotation)

பொருள்களில் மூலக்கூறு அமைப்புகள் சுருள்களாக அமைந்திருக்கும் போது, அவற்றின் வழியே செல்லும் ஒரு தள விளை ஒளிவுற்றயின் தளம் சுழற்றப் படுகிறது.



படம் 113

சில பொருள்கள் வலம் புரியாகவும் (Dextrorotary) சில பொருள்கள் இடம் புரியாகவும் (Levorotary) சுழற்றுகின்றன. சர்க்கரை ஒளி சுழற்று பண்புள்ளது. இத்தகைய பொருள்கள் கரைசலிலிருக்கும்போது அவை ஏற்படுத்தும் சுழற்சி θ,

ஒரு கன செ.மீ கரைசலிலிருக்கும் கரைபொருளின் கிராம்களின் எண்ணிக்கைக்கும் d,

ஒளிப்பாதையின் நீளத்திற்கும் l, பொருளின் சுழற்று திறன் எண் (Specific Rotatory Power) எனும் மாறிலிக்கும் நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

பொருளின் சுழற்று திறன் எண் என்பது ஒரு கன செ. மீ. பருமமுள்ள கரைசலில் ஒரு கிராம் கரைபொருள் இருக்கும் 10

செ.மீ நீளக் கரைசல் தம்பத்தின் வழியே ஒளி செல்கையில் தோற்றுவிக்கப்படும் சுழற்சியாகும். அதை $[P] = \frac{100}{dl}$ எனும் சவன்பாட்டால் குறிக்கலாம்.

ஒளி சுழற்சிமானி (Polarimeter) எனும் கருவியைப் பயன் படுத்தி கனரசல்களின் செறிவை அளக்கலாம். அக்கருவி யமைப்ப படத்தில் காட்டப்படுள்ள.

எக்ஸ்கதிர்கள்

மின்காந்த அலை வரிசையில் எக்ஸ் கதிர்கள் புற ஊதாக் கதிர்களுக்கும் காமாக் கதிர்களுக்கும் இடையில் அமைந் துள்ளன. எக்ஸ் கதிர்கள் புற ஊதா கதிர்களை விட அதிக அளவில் ஊடுருவக் கூடியவை. படிவங்களைப் போல ஒழுங் கான வகையில் மூலக்கூறுகள் அமைந்துள்ள ஒரு பொருளின் வழியாக எக்ஸ் கதிர்களைச் செலுத்தினால் அவை விலக்க மடை கின்றன. அந்த விலக்கக் கோணத்தை, $\text{Sin}\ \theta = \frac{n\lambda}{2d}$ எனும் பிராக் (Bragg) விதியிலிருந்து பெயறாம். இதில், θ என்பது படுகோணம், n என்பது படியின் எண் (number of the order), λ என்பது எக்ஸ் கதிர்களின் அலை நீளம், d என்பது படிகத் தங்களுக்கிடையிலுள்ள தூரம்.

எக்ஸ்கதிர்கள் ஒன்றிலிருந்து 10A° வரை அலைநீளமுள்ள வையாயிருப்பதாலும், படிகத்தில் தளங்களுக்கிடையிலான தொலைவு 10A° அளவிலிருப்பதாலும் படிகத்திலிருந்து 5 செ.மீ தொலைவில் வைக்கப்படுகின்ற ஒரு புகைப் படத் தகட்டில் விளிம்பு விலகல் பாங்கத்தின் பெரும பகுதி பதிவாகி விடுகிறது.

குறைந்த கோணத்தில் ஏற்படும் விளிம்பு விலகல்கள் மூலக் கூறுப் பரிமாணத்திலுள்ள தள இடை வெளிகளாலும் அதிகக் கோணத்தில் ஏற்படும் விளிம்பு விலகல்கள் அணுப்பரிமாணத்தி லுள்ள தள இடைவெளிகளாலும் ஏற்படுகின்ற.

பொருளில் உள்ள கட்டமைப்பு ஓரளவே ஒருமுகப்பட்டிருந் தால், விளும்பு விலகல் பாங்கத்தில் ஒருமையான வட்டங்கள் தோன்றுகின்றன. புகைப்படத் தட்டில்படும் எக்ஸ் கதிர்களின் கட்டங்களில் வேறுபாடு இருப்பதால் அவற்றின் செறிவுகள் வேறுபட்டிருக்கும். பொருள் படிக அணிக்கோவை அமைப்

பில் ஒருமுகப்பட்டிருந்தால், அப்பாங்கத்தில் ஆரத்திசையில் செறிவு மாறுகிறது. ஏனெனில் இந்த அணிக் கோவைகளில் மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பிரதி பலிப்புத் தளங்கள் உள்ளன.

சாதாரணமாக ஒரு நிற எக்ஸ் கதிர் கற்றை, இழைகளாக வைக்கப்பட்டுள்ள மாதிரியின் நீள அச்சிற்குச் செங்குத்தாகச் செலுத்தப்படுகிறது. மையக்கற்றை, புகைப்படத் தட்டை கறையாக்காமல், ஒரு உலோகத் தகட்டினுல் தடுக்கப்படும். விளிம்பு விலகல் பாங்கத்தில் தெரியும் விளிம்பி விலகல் கோணங்களிலிருந்து அணிக்கோவைத் தளங்களுக்கிடையிலுள்ள தொலைவையும், தளங்களின் திசைகளையும் பற்றிய விவரங்களைப் பெறலாம். புள்ளிகளின் செறிவுகளிலிருந்து தளங்களிலுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கையையும் குறுக்கீட்டுப் பட்டைகளின் இடைவெளியிலிருந்து அணிக்கோவைப் பகுதிகளின் பரப்பளவையும் கண்டு பிடிக்கலாம்.

ஆனுல் உயிர்ப் பொருள்கள் படிகங்களைப் போன்ற எளிய, ஒருமுகப்பட்ட அமைப்புள்ளவையல்ல. எனவே அவற்றை எக்ஸ் கதிர்களினுல் ஆராய்வது சிறிதளவே இயலும். பாமர், பியர், ஷ்மிட் (1940) ஆகியோர் புதிய நரம்புகள், உலர்ந்த நரம்புகள், உலர்ந்த மற்றும் ஈரமான லெசிதின்கள், ஸ்பிங்கோமயலின், ப்ரெனேகின், கெராசின் கோலஸ்ட்ரால் ஆகிய நரம்புத்திசு சம்மந்தப்பட்ட பொருள்களை எக்ஸ் கதிர்களினுல் ஆராய்ந்துள்ளனர்.

எல்லா பாலூட்டிகளினுடைய மயிர், நகம் முள்கள், கொம்புகள் ஆகியவற்றின் எக்ஸ் கதிர் பாங்கங்கள் ஒரே மாதிரியுள்ளன.

எக்ஸ் கதிர்கள் மாதிரிகளின் பண்புகளை மாற்றிவிடக்கூடும் யூரியாவில் எக்ஸ் கதிர் பட்டால் கோள புரதங்கள், இழைப் புரதங்களாகிவிடுகின்றன. ஹிமோகுளேபின், ஆல்புமின் போன்ற கோள வடிவப் பொருள்களின் விளிம்பு விலகல் பாங்கங்களில் வரிசையான ஒளி வட்டகள்கள் தெரிகின்றன. அவற்றிலிருந்து மூலக்கூறின் இரு பரிமாணங்களை அறியலாம். இப்பரிமாணங்கள் முக்கியமான சங்கிலிகளுக்குக்கிடையிலுள்ள தொலைவுகளைத் தருகின்றன. சிதைக்கப்பட்ட (Eentatured) ஆல்புமினை இழுத்தால், நேர் கோட்டில் ஒருமுகப்படுவதைக் குறிக்கும் பாகங்கள் கிடைக்கின்றன. ஹிமோகுளோபீன்களில் இனங்களைப் பொறுத்த வேறுபாடுகளைக் கண்டுபிடிக்க

லாம். தசைநாண்களில் முக்கியப்பகுதியான கொலாஜன் குறைந்தது 15 அமினோ அமிலங்களாலான சங்கிலிகளாலானது. எனத் தெரிகிறது. வைரஸ்கஸ் குச்சி போன்ற தனி மூலக்கூறு களாகக் காணப்பட்டுள்ளன.

எலக்ட்ரான் விளிம்பு விலகல்

எலக்ட்ரான்கள் எக்ஸ் கதிர்களை விட எளிதாக விளிம்பு விலகலுக்கு உட்படுகின்றன. எனவே போலித் தோற்றங்கள் ஏற்படுவது குறைகிறது. ஆனால் எலக்ட்ரான்களைச் செலுத்தத் தேவைப்படும் உயிர் மின்னழுத்தங்களும், மாதிரிகளை உயர்ந்த வெற்றிடத்தில் வைத்துச் சோதிக்க வேண்டியிருப்பதும் இந்த நன்மைகளைப் பயனற்றதாக்கி விடுகின்றன.

விலங்கு ஒளிகள் (Animal Lights)

இயற்கையில் பல உயிரிகள் ஒளிரும் தன்மையுள்ளவை யாயிருக்கின்றன. கடற்பஞ்சுகள், ஹைட்ராய்டுகள், கடல் புழுக்கள், நத்தைகள், கடல் சிலந்திகள், மீன்கள் போன்றவை இவற்றில் அடங்கும். தாவரங்களில் பாக்டீரியா, யீஸ்டுகள், துருக்கள், நாய்க்குடைகள் போன்றவை ஒளிரக் கூடியவை. மாமிசம், பழைய மரம், சவங்கள் ஆகியவற்றில் ஒளிரும் பாக்டீரியாவைப் பார்க்கலாம். சில சமயங்களில் மனிதனின் உடலில் தோன்றும் புண்கள், சிறுநீர், வியர்வை ஆகியவற்றி லும் ஒளிரும் தன்மை காணப்பட்டுள்ளது. அவை பெரும் பாலும் பாக்டீரியாக்கள் இருப்பதால் தோன்றுபவையாயினும் ஒளிர் வேறுபடுத்தக்கூடிய இரசாயன மாற்றங்கள் ஏற்படும் சாத்தியமும் உள்ளது.

விலங்குகளில் தோன்றும் ஒளிக்குப்பின் வரும் காரணங் களிலிருக்கலாம். (1) ஒளி தோற்றுவிக்கக்கூடிய பொருள் களைச் சுரக்கும் சுரப்பிகள், தேவைப்படும்போது சுற்றியுள்ள தசைகளால் இறுக்கப்படுவது (2) உடலில் புரப்பரப்பில் உள்ள சுரப்பிச் செல்கள் தூண்டப்படும்போது மட்டும் ஒளிப் பொருள் களைச் சுரக்கக்கூடியதாக இருப்பது. (3) நரம்பு அல்லது ஹார்மோன் தூண்டல்களால் செல்களுக்கிடையில் ஒளி தோன்றுவது (4) செல்களில் ஒளி தோற்றுவிக்கக்கூடிய துகள் கள் பரவியிருந்து, தூண்டல்கள் மூலம் வெளியேற்றப்படுவது

எல்லாப் பிராணிகளும் விருப்பப்படி இந்த ஒளியை வெளி விடவோ ஆற்றலுடையவையாயிருக்கின்றன. தொடர்ந்து ஒளிவீசக் கூடிய உறுப்புகளைப்பெற்ற பிராணிகளில் அவ்வுறுப்பு

களை மறைக்கக்கூடிய மூடிகள் உள்ளன. சில இனங்களில் சிலப் பொருள்களை சேர்க்கும் போது மட்டுமே ஒளி தோன்றக் கூடிய அமைப்புகள் உள்ளன. பாக்டீரியா தொடர்ந்து ஒளி வீசக்கூடியவை. இத்தகைய பாக்டீரியாக்கள் தொற்றிக் கொண்டுள்ள பிராணிகளும் ஒளி வீசுகின்றன.

பிராணிகளில் தோன்றும் ஒளி ஒரு வகை ரசாயன ஒளி யாகும். அதாவது ரசாயன மாற்றங்கள் ஏற்படும்போது தோன் றும் ஆற்றல் ஒளியாக வெளிப்படுகிறது. பெரும்பாலான ஆக்சி ஜனேற்ற வினைகளில் ஒளி தோன்றுகிறது. சில வகை ஒளி வீசும் பிராணிகளிலிருந்து சுடு நீரைப் பயன்படுத்தி இறக்கப் படும் லூசி பெரின் (Luci Ferin) எனும் சத்தும் குளிர் நீரைப் பயன்படுத்தி இறக்கப்படும் லூசி பெரேஸ் (Luci Ferase) எனும் சத்தும் ஒளி வீசும் அமைப்புகளாகும். லூசி பெரேஸ் என்பது லூசி பெரின் சிதைகின்றபோது வினைவேக மாற்றியாகச் செயல் படும் ஓர் என்சைம். ஒவ்வொரு உயிரி இனத்திலும் ஒவ்வொரு வகையான லூசி பெரின்களும், லூசி பெரேசுகளும் உள்ளன. ஒரு இனத்தின் லூசி பெரின் இன்னொரு இனத்தின் லூசி பெரே சுடன் இணைந்து வினை புரியாது.

உயிரியல் ஒளி ஆக்ஸிஜன் இருப்பது, வெப்பநிலை PH மதிப்பு, உப்புச் செறிவுகள் ஆகியவற்றைப் பொறுத்துள்ளது.

சில விலங்குகள் நீல நிறமான ஒளியையும் சில பச்சை அல்லது மஞ்சள் நிற ஒளியையும் வீசுகின்றன. சில சமயங்களில் சிவப்பு ஒளியும் காணப்பட்டுள்ளது. இருப்புப்பாதைப் புழு எனப்படும் ப்ரிக்சோத்ரிக்ஸ் (Phrixo Thrix) எனும் பூச்சி பல நிறங்களில் ஒளி வீசுகிறது. அதன் பக்கவாட்டிலுள்ள பல இடங்களிலிருந்து பச்சை-மஞ்சள் நிற ஒளியும் தலையிலிருந்து சிவப்பு ஒளியும் வெளிப்படுகின்றன. ஒரு பிராணி வெளிவிடும் ஒளியின் நிறம் வெப்ப நிலை மாறுவதால் மாறக்கூடும். உயிரி வளரும் வளர் ஊடகத்தை (Culture) மாற்றுவதாலும், வளர் ஊடகம் நாள்படுவதாலும் ஒளியின் நிறம் மாறுகிறது. ரசாயனப் பொருள்களைப் பயன்படுத்தியும் இந்த நிறங்களை மாற்றலாம்.

ஒளிரும் பிராணிகளில் அதிகச் செறிவுடன் ஒளிர்வது மின் மினியாகும். ஒரு பாக்டீரியத்திலிருந்து வெளிவரும் ஒளிச் செறிவை $1{\cdot}9 + 10^{-14}$ வத்திகளுக்குச் சமம் என ஹார்வி கணக் கிட்டுள்ளார்.

விலங்குகளின் ஒளிரும் திறமையை இருவிதமாக அளக்கலாம். கண்ணுக்குப் புலப்படும் ஒளி ஆற்றலுக்கும் வெளிவிடப்படும் மொத்த ஆற்றலுக்கும் இடையிலுள்ள தகவாக அல்லது கண்ணுக்குப் புலப்படும் ஒளியின் சமான அளவு கலோரி மதிப்பிற்கும், ஒளி உமிழ் வினையில் செலவாகும் ஆக்சிஜனின் சமான அளவு கலோரி மதிப்பிற்குமிடையிலான தகவாக இது அளக்கப்படும். ஒளிரும் உறுப்பிலிருந்து ஒளியைத் தவிர வேறு கதிர் வீச்சு இல்லை. இதன் அடிப்படையில் ஒரு மின்மினியின் ஒளிர் திறன் கிட்டத்தட்ட 90%. சைப்ரிடிஞ (Cypridina) கண்ணுக்குத் தெரியாத நீல ஒளியையும் வெளிவிடுகிறது. அதன் ஒளிர் திறன் 20% ஆனால் 5% ஒளிர் திறனுள்ள கரி இழை விளக்கு போன்ற செயற்கை சாதனங்களுடன் ஒப்பிடுகையில் இது அதிகமானதே.

செலவழிக்கப்பட்ட மொத்த ஆற்றலின் அடிப்படையில் கணக்கிடும்போது பாக்டீரியாவின் ஒளிர்திறன் ஒரு சதவீதத்திற்கும் குறைவு. ஆனால் செயற்கையான பாஸ்வர ஆக்சிஜனேற்றத்தின் ஒளிர்திறன் 0·017 சதவீதமே. ஒரு குவாண்டம் ஒளியை வெளிபடுத்தத் தேவைப்படும் ஆக்சிஜன் மூலக் கூறுகளின் எண்ணிக்கையாக குவாண்ட ஒளிர் திறன்கள் சொல்லப்படுகின்றன. பாக்டீரியாக்களுக்கு இதன் மதிப்புகள் 33, 193 சைப்ரிடிஞவுக்கு சுமார் 50 எனும் மதிப்புகள் கிடைக்கின்றன.

24. சுவாசத்தின் பௌதிகவியல்

உயிரிகள் தொடர்ந்து ஆக்சிஜன் பெறுவதையும் கரியமில வாயுவை வெளியேற்றுவதையும் பொறுத்தே வாழ்கின்றன. இத்தகைய பரிமாற்றம் வெளி சுவாசம் (External Respiration) எனப்படுகிறது. பரிணமத்தின்போது பலவகையான வெளி சுவாச உறுப்புகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. அறுகாலிகளின் மூச்சுக் குழாய்கள், மீன்களின் செதிள்கள், நீரிலும், நிலத்திலும் வாழும் பிராணிகளின் தோல் வழி சுவாசம் ஆகியவை இவற்றில் அடங்கும். பூமியில் வாழும் மற்ற விலங்குகள் ஏதோ ஒரு வகையான நுரையீரல்களைப் பெற்றுள்ளன. இப்பகுதியில் நாம் மனிதனின் சுவாச உறுப்புகளை முக்கியமாக ஆராய்வோம்.

உயிரிகள் வளி மண்டலத்திலிருந்து ஆக்சிஜனைப் பெறுகின்றன. மீன்கள் நீரில் கரைந்துள்ள ஆக்சிஜனை உட்கவர்கின்றன. வளி மண்டலத்தில் 20·93% ஆக்சிஜனும், 0·03% கரியமில வாயுவும் 79·04% நைட்ரஜன், ஆர்கான், செனுன், கிரிப்டான் முதலிய சடவாயுக்களும் உள்ளன. இந்தக் கலப்பு விகிதம் ஏறக்குறைய மாறிலியாயுள்ளது. வளிமண்டலம் பூமியின் ஈர்ப்பு விசைக்குக் கட்டுப்பட்டு, பூமிப்பரப்பருகில் பெரும அடர்வுள்ளதாக இருக்கிறது. வளி மண்டலம் 10 கிலோ மீட்டர் உயரம் வரை ட்ரோபோஸ்பியர் எனவும் 80,000 அடிவரை ஸ்ட்ரேடோஸ்பியர் எனவும் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. 100 கிலோ மீட்டர் உயரத்தில் அடர்வு குறைந்த பகுதியில் உள்ள ஆக்சிஜன் சூரியனின் புற ஊதாக் கதிர்களை உட்கவர்ந்து, பிரிகையடைந்து, அயனியாக்கமாகி பல நூறுசென்டிகிரேடு வெப்ப நிலைக்குச் சூடாகிவிடும். 140000 அடிக்குக் கீழே ஆக்சிஜன் மூலக் கூறுகளும் அணுக்களும் இணைந்து ஓசோன் வாயு தோன்றுகிறது. இது புற ஊதாக் கதிர்களை உட்கவர்ந்து, அவற்றிலிருந்து பூமியிலுள்ள உயிர்களைப் பாதுகாக்கிறது. அதனுல் ஓசோன் பகுதியின் வெப்ப நிலையும் உயர்கிறது.

காற்று ஒளி ஊடுருவக் கூடியதாயிருப்பதாலும், ஓயாமல் சுழன்று கொண்டிமிப்பதாலும், பூமிக்கருகில் உயரம் அதிகரிக்கும் போது கிலோமீட்டருக்கு 6·8 C வீதத்தில் வெப்பநிலை குறைகிறது. பத்திலிருந்து 30. கிலோ மீட்டர் வரையுள்ள ட்ரோபோபாஸ் எனும் பகுதியில் வெப்ப நிலை ஏறக் குறைய மாறிலியாயிருக்கிறது. அதற்கு மேல் வெப்பநிலை உயர்ந்து கொண்டேபோய் 50 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் பெரும மதிப்பை அடைகிறது. பின்னர் வெப்பநிலை மீண்டும் குறைந்து 90 கிலோ மீட்டரில் சிறுமமாகிறது. அதற்கு பின்னர் மீண்டும் வெப்பநிலை உயர்ந்து கொண்டே போகிறது.

பூமியில் உள்ள விலங்குகளின் சுவாச உறுப்புகளில் காற்று ஒரு குழாயின் மூலம் உள்ளே சென்று, அதே வழியாக வெளியேறுகிறது. வெளியிலுள்ள மூக்கு, வாய்த்துளைகள் வழியாகக் காற்று நுரையீரல் பகுதிக்குள் இழுக்கவும், அதிலிருந்து வெளியேற்றவும்படுகிறது. நுரையீரல்களை மீள் தன்மையுள்ள பைகளாகக் கொள்ளலாம். அவை மார்புக் கூட்டினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. மூச்சுவிடுதலில் (1) மார்பு, நுரையீரல் ஆகியவற்றின் மீள் திறன் விசைகள் (2) காற்றின் பாய்வுக்கு பாகுநிலையின் தடை (3) காற்றின் கொந்தளிப்பினல் பாய்வுக்கு ஏற்படும் தடை (4) உராய்வு, உறுப்புகள் உருமாற்றம் ஆகியவற்ருல் விரிவுக்கு ஏற்படும் தடை (5) சடத்துவத்தைச் சமாளிக்கத் தேவையான விசை ஆகியவை பங்கு கொள்கின்றன. இவற்றில் சடத்துவத்தைச் சமாளிக்கத் தேவையான விசைகள் அற்பமானவை. மற்றவற்றை சோதனை முடிவுகளிலிருந்து கண்டு பிடித்துவிடலாம். இச்சோதனைகளிலிருந்து மார்பினுலும், நுரைபூரலினுலும் தோற்றுவிக்கப்படும் அழுத்தம் $P_i = K_v$ எனும் சமன்பாட்டிலிருந்து கிடைக்கிறது. இதில் P_1 என்பது நிரையீரல் பருமம் மாறும்போது தோற்றுவிக்கப்படும் அழுத்தம்; v என்பது நுரையீரலில் ஏற்படும் பரும மாற்றம்; k என்பது மார்பு அமைப்பின் மீள் திறனுக்கான மாறிலி.

நுரையீரல் நுண்ணறை (Alveolar) அழுத்தத்தை $P_2 = (k_1 \times f) + (k_2 \times f^2)$ எனும் சமன்பாட்டினுல் பெறலாம். இதில் P_2 என்பது வாய்க்கும் நுண்ணறைகளுக்கும் (Alvcoli) இடையிலான அழுத்த வேறுபாடு; K_1 என்பது காற்றின் பாகுநிலைக்கான மாறிலி; K_2 என்பது காற்றின் கொந்தளிப்புக்கான ஒரு மாறிலி; F என்பது ஒரு விநாடியில் மார்புப் பருமத்தில் ஏற்படும் மாற்றமாகும். இச் சமன்பாடு பாகு நிலையையும் சடத்துவ அல்லது கொந்தளிப்பு விசைகளையும் சேர்த்துக் கொண்டுள்ளது.

மார்புக் கூட்டிற்குள் ஏற்படும் அழுத்த மாற்றத்திற்கும் அதன் பருமத்திற்கும் இடையில் வரையப்படும் வரை படத்திலிருந்து இந்த விசைகளின் அளவையும், உராய்வு உறுப்பு உருவமாற்றம் ஆகியவற்றைச் சமாளித்கத் தேவைப்படும் விசைகளின் அளவையும் கண்டுபிடித்து விடலாம். இத்தகைய சோதனைகளி லிருந்து ஒரு முறை மூச்சுவிடும்போது செய்யப்பட்ட வேலையின் அளவைக் கணக்கிட முடிகிறது. சுவாசம் செய்யும் வீதத்தி லிருந்து ஒரு வினாடியில் செய்யப்படும் வேலையின் அளவையும் கணக்கிடலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட சூழ்நிலையில் சோதிக்கப்பட்ட போது பின்வரும் முடிவுகள் பெறப்பட்டுள்ளன. மீள் திறன் விசைகளைச் சமாளிக்கத் தேவைப்பட்ட செயல் = 63·3%.

பாகுநிலை, கொந்தளிப்பு விசைகளைச் சமாளிக்கத் தேவைப் பட்ட செயல் = 28·5%

உராய்வு, உறுப்பு உருமாற்றம் ஆகியவற்றை சமாளிக்கத் தேவைபட்ட செயல் = 8·2%

மேற்கண்ட சமன்பாடுகளில் மூச்சை வெளிவிடும்போது செயல்படக்கூடிய விசைகளைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ள வில்லை. சாதாரணமாக சுவாசிக்கும்போது, சுவாசச் சுழலில் மூச்சை வெளி விடுதல் விசை தேவையின்றி நிகழ்வதாகக் கொள்ளலாம். வேகமாக மூச்சு விடும்போது பாகு நிலையையும் கொந்தளிப்பையும் சமாளிக்கத் தேவையான விசைகள் மூச்சிழுக்கும்போது தேவைப்பட்ட விசைகளுக்கு சமம். ஆனால் மூச்சு விடும்போது இந்த விசைகளை மீள்திறன் விசைகள் எதிர்க் கின்றன. மூச்சு விடும்போது செய்யப்பட்ட வேலையையும் மூச்சிழுக்கும்போது செய்யப்பட்ட வேலையையும் கூட்டினால் சுவாசத்தின்போது செய்யபட்ட மொத்த வேலை கிடைக்கும்.

செய்யப்பட்ட வேலைக்கும், செலவான மொத்த ரசாயன ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவு எந்திர பயனுறு திறன் ஐந்திலிருந்து பத்து சதவீதம் வரை உள்ளது. பயனுறு திறன் 5% ஆக உள்ள போது ஒரு நாளில் 34 கலோரிகள் ஆற்றல் செலவழிகிறது. இது ஓய்வு நிலை வளர்சிதை மாற்றத்தில் ஒன்று அல்லது இரண்டு சதவீதமாகும்.

மூச்சிழுக்கும்போது நுண்ணறைப் பகுதிகளில் காற்றோட்டம் ஏற்படுகிறது. அப்பகுதிகளின் சுவர்களில் வலது இதயத்தி லிருந்து வரும் இரத்தம் பரவியிருக்கும். மார்புக்கூடு விரிவதால் இந்த காற்றோட்டம் ஏற்படுகிறது. உயர்ந்த PCO_2 (கரியமில

வாயுவின் பகுதி அழுத்தம்) அதிகமாக உள்ள இரத்தம் நுண்ணறைகளுக்குள் தொடர்ச்சியாகச் செலுத்தப்படும்போது காற்றுக்கும் இரத்தத்திற்கும் இடையில் வாயு ப மாற்றம் ஏற்படுகிறது.

தந்துகிக் குழாய்கள் வழியே இரத்தம் பாயும்போது அதிலுள்ள CO_2 செறிவு படிப்படியாக காற்றில் CO_2 செறிவுக்குச் சமமாகிறது. நுண்ணறைப் பகுதிகளின் பருமம் மாருமலிருப்பதாக வைத்துக் கொண்டு சில்ட்டன் ஸ்டேசி (1951) ஆகியோர் பின்வரும் சமன்பாட்டை வருவித்துள்ளனர்.

$$\left(pCO_2 \right)_{At} = \left(pCO_2 \right)_B - e^{-\gamma t}\left[\left(yCO_2 \right)_B - \left(pCO_2 \right)^{AO} \right]$$

(PCO_2) At (PCO_2) முறையே t விநாடிகளிலும் O விநாடிகளிலும் நுண்ணறைப் பகுதிகளில் கரியமில வாயுவின் பகுதி அழுத்தத்தைக் குறிக்கின்றன. $(pCO_2)B$ நுரையீரலில் நுழையும் இரத்தத்தில் கரியமில வாயுவின் பகுதியழுத்தம், e என்பது இயற்கை லாகரிதத்தின் அடிப்படை, γ என்பது நுண்ணறைகள் பருமத்தையும், கரியமில வாயுவின் பகுதி அழுத்தம் ஒரு மி. மீ. குறையும்போது இரத்தம் வெளியேற்றும் வாயுவின் பருமத்தையும் பொறுத்த ஒரு மாறிலி. அதைப் பின்வருமாறும் குறிப்பிடலாம்.

$$\gamma = \frac{1}{V/(RTaBv) + (L/v)}$$

இதில் V = நுண்ணறைப் பகுதிகளின் பருமம் (செ. மீ^{3})

R = லட்சிய வாயு மாறிலி (மி. மீ. பாதரச செ. மீ./மூலக் கூறு/K.

T = தனிவெப்பநிலை.

a = PCO_2 ஒரு மி. மீ. குறையும்போது ஒரு செ. மீ.^{3} இரத்தம இழக்கும் CO_2 மோல்கள்.

B = தந்துகியின் குறுக்குப் பரப்பு (செ. மீ.^{2})

v = இரத்தத்தின் ஓட்ட வேகம் (செ. மீ./விநாடி)

L = தந்துகிப் பாதையின் நீளம் (செ. மீ.)

vB = இரத்தப் பாய்வு வீதத்தின் பருமம் (செ. மீ./விநாடி)

$\frac{V}{v}$ = இரத்தம் நுண்ணறை தந்துகிகளின் வழியே கடந்து செல்ல எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம்.

இந்த சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி மூச்சிழுக்கப்பட்ட காற்றும், இரத்தமும் நுண்ணறைகளில் சமநிலை அடையத் தேவைப்படும் நேரத்தைக் கணக்கிடலாம். எந்த ஒரு சூழ் நிலையிலும் இவ்வாறு சமநிலை நேரங்களைக் கணக்கிட முடியும்.

மூச்சு விடப்பட்ட காற்றில் CO_2வின் பின்னம் $F'CO_2$ ஆக்சிஜனின் பின்னம் $F'O_2$, நைட்ரஜனின் பின்னம் $F'N_2$, மூச்சிழுக்கப்பட்ட காற்றில் மேற்கண்ட அளவுகள் முறையே FCO_2, FO_2, FN_2 எனில்

$$\frac{F'CO_2}{FO_2\left(\frac{F'N_2}{FN_2}\right) - F'O_2}$$

எனும் அளவு சுவாச ஈவு (Respiration quotient) RQ எனப்படும்.

கலவையில் ஒரு வாயுவின் பின்னம்

$= \frac{\text{வாயுவின் பகுதி அழுத்தம்}}{\text{மொத்த அழுத்தம் } P_T}$ என வைத்துக் கொண்டு பகுதி அழுத்தங்களின் அடிப்படையில்,

$$RQ = \frac{P'CO_2}{PO_2 \cdot \frac{P'N_2}{PN_2} - P'O_2}$$ என எழுதலாம்

நைட்ரஜன் அழுத்தம் $pN_2 = p_T - pO_2$ எனக் கொண்டால்

$$RQ = \frac{pN_2 \cdot p'CO_2}{pO_2 \cdot p'N_2 - pN_2 \cdot p'O_2}$$

$$= \frac{(p_T - pO_2)\ pCO_2}{pO_2 \cdot pN_2 - (p_T - pO_2)\ p'O_2}$$

முழுவதையும் d_T ஆல் வகுக்க

$p'N_2 = p_T - p'H_2O - p'O_2 - p'CO_2$ எனக் கொண்டால்

$$RQ = \frac{(1 - FO_2)\ p'CO_2}{FO_2\ (p_T - pH_2O - pCO_2) - p'O_2}$$

இது அடிப்படை நுண்ணறைச் சமன்பாடு (Basic Alveolar equation) எனப்படும்.

இதைத் தீர்வு செய்தால்,

$$p'O_2 = FO_2 (p_T - p'H_2O) - p'CO_2 \left[\frac{1 - FO_2 (1 - RQ)}{RQ} \right]$$

இத்தீர்வைப் பயன்படுத்தி எந்த ஒரு மொத்த வளி அழுத்தத்திலும் நுரையீரலில் ஆக்சிஜனின் பகுதி அழுத்தத்தை (PO_2) விருப்பப்பட்ட அளவில் மாருமல் வைப்பதற்கு மூச்சிழுக்கப்படும் காற்றில் இருக்கவேண்டிய ஆக்சிஜன் அளவைக் கணக்கிட்டு விடலாம். இதிலிருந்தும் பல்வேறு வகையான பயிற்சிகளின் போதும் வேலைகளின் போதும் சுவாசத்தில் பயன்படுத்தப்படும் காற்றின் அளவுகளிலிருந்தும், விமானிகள் பல்வேறு சூழ்நிலைகளில் செயல்பட வேண்டி இருக்கும்போது அதற்கேற்றபடி சுவாசிக்க விமானத்தில் எடுத்துச் செல்ல வேண்டிய ஆக்சிஜனின் அளவைக் கணக்கிடுதல் போன்ற முக்கியமான துறைகளில் இத்தத்துவங்களைப் பயன்படுத்துகிருர்கள். சுவாசக் கருவிகளில், ஆக்சிஜனின் பரவலைக் கட்டுப்படுத்துகின்ற அமைப்புகள் இச்சமன்பாட்டின் அடிப்படையிலேயே நிறுவப்பட்டுள்ளன. பென் (Fern) முதலியோர் (1946) ஒருங்கே மாறக்கூடிய பல்வேறு அம்சங்களையும் சூழ்நிலைகளையும் கணக்கில் எடுத்துக் கொண்டு இச்சமன்பாடுகளை விரிவுபடுத்திஞர்கள். வெவ்வேறு உயரங்களில் மூச்சிழுக்கும் காற்றில் ஆக்சிஜன், (CO_2) ஆகியவற்றின் அளவுகள் மாறும் போது நுண்ணறைப் பகுதி காற்ருேட்டம் மாறுவதையும் மற்ற மாறிலிகள் இதனுல் பாதிக்கப்படுவதையும் ஊகிக்கக் கூடிய காற்ருேட்டச் சமன்பாடு (Ventilation Equation) ஒன்றை உருவாக்கிஞர்கள். அதி உயரங்களில் பறக்கும்போது மூச்சுக் காற்றில் CO_2வையும் கலக்க வேண்டிய அவசியத்தை அவர்கள் மெய்ப்பித்துக் காட்டியுள்ளார்கள்.

நுரையீரல் சவ்வுகளின் வழியாக விரவல்

வாயுக்கள் விரவத்தின் தத்துவங்கள் ஏறத்தாழ நூறு ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் பிக் என்பாரால் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. விரவலிஞல் ஒரு தொகுப்பில் உள்ள அடர்வுச் சரிவு (Concentration gradient) மறைந்துவிடும். பிக் விதியின்படி விரவும் பொருளின் விரவல் வீதம் $\frac{dq}{dt} = DA \frac{du}{dx}$

இதில் A என்பது விரவல் நிகழும் திசைக்குச் செங்குத்தான தளத்தின் பரப்பு, $\frac{du}{ux}$, அடர்வுச் சரிவு D என்பது விரவல்

எண் (Coefficient of Diffusion) எனும் மாறிலி. காற்றின் அலகு பருமத்திலிருந்து விரவி வெளியேறும் ஒரு வாயு (ஆக்சிஜன் என்க) வின் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை காற்றில் ஆக்சிஜனின் அடர்வுக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும். எனவே மூலக்கூறுகள் குறைந்த அடர்வுப் பகுதிகளுக்கு விரவுவதால் காற்றில் அடர்வு வேறுபாடுகள் மறையத்துவங்கும். இவ்வாறு மூலக்கூறுகள் இடம் பெயரும் வீதம் மூலக்கூறுகளின் திசை வேகத்திற்கு நேர் விகிதத்திலும், இம்மாற்றம் நிகழும் ஊடகம் ஏற்படுத்தும் தடைக்கு நேர்விகிதத்திலும் இருக்கிறது. இயக்கக் கோட்பாடுகளின்படி வாயு அழுத்தம் P, அடர்த்தி ρ மூலக்கூறுகளின் திசைவேக வர்க்க சராசரி மூலம் (Root Mean Squar velocity) $\sqrt{C^2}$ எனில்

$$\sqrt{\overline{C^2}} = \sqrt{3P/\rho}$$

திசை வேகம் வாயு அடர்த்தியின் இருமடி மூலத்திற்குத் தலைகீழ் விகிதத்திலிருக்கும். எனவே ஒரு வாயுவின் விரவல்வீதமும், தன் அடர்த்தியின் இருமடி மூலத்திற்கும் தலை கீழ் விகிதத்திலிருக்கிறது. இது கிரஹாமின் விதி எனப்படும். அடர்த்தி, மூலக்கூறு எடைக்கு நேர் விகிதத்திலிருப்பதால், விரவல் வீதம் மூலகூறு எடைக்குத் தலை கீழ் விகிதத்திலுள்ளது.

ஒரு வாயு ஒரு பகுதியிலிருந்து இன்றொரு பகுதிக்கு ஒரு தடுப்பின் ஊடே செல்வதாகக் கொள்வோம். இத்தடுப்பு வாயுவை உட்கவர முனையும். அதன் உட்கவர் எண் α எனில் தடுப்பின் இரு புறங்களுக்குமிடையில் வாயுவின் அளவிலுள்ள வேறுபாடு $= d\,(P_1 - P_2)$

தடுப்பின் தடிமன் x எனில், அடர்வுச் சரிவு $= \alpha \dfrac{(P_1 - {}_2P)}{x}$

தடுப்பின் வழியாக ஏற்படும் விரவல் எண் (வாயு மூலக்கூறு) எடைக்கு தலைகீழ் விகிதத்திலிருப்பதால்) $= \dfrac{C}{\sqrt{m}}$

இதில் C என்பது தடுப்பைப் பொறுத்த ஒரு மாறிலி எனவே விரவலுக்கான சமன்பாட்டைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\alpha\,(P_1 - P)\,C.A}{760\,\sqrt{m}\cdot x}$$

α, C இரண்டும் வெப்பநிலையைப் பொறுத்தவை நுரையீரல் சவ்வு கொழுப்பு வகையைச் சேர்ந்தது. அதற்கு 37°C

வெப்பநிலையில் C = 0·139 கரியமில வாயுவிற்கு ∝ = 0·57/ வளி.

நுரையீரல் பகுதிக்கும் இரத்த சிரைகளுக்கும் இடையிலுள்ள pCO_2 அடுத்தச் சரிவு சுமார் 6 பாதரச மி·மீ நுண்ணறைப் பகுதியிலுள்ள காற்றுடன் தமனிகளிலுள்ள இரத்தம் சமநிலையிலிருக்கிறது. எனவே நிகரமான சரிவு (நுரையீரல் தந்துகியிலுள்ள சராசரிச்சரிவு) குறைந்தது 2 பாதரச மி.மீ ஆக இருக்கும் எனலாம். CO_2வின் மூலக்கூறு எடையின் வர்க்க மூலம் = 6.63 நுரையீரல் சவ்வின் தடிமன் = 0·004 மி.மீ.

இம் மதிப்புகளிலிருந்து $= \frac{dQ}{dt}$ A X·0079 செமீ^{3}/செமீ^{2}/நிமஷம் எனப் பெறலாம். நுரையீரலின் பரப்பு A = 10^6 செ·மீ என வைத்துக் கொண்டால்,

$$\frac{dQ}{dt} = 7900 \text{ செ.மீ}^3/\text{நி·மி}$$

இது சாதாரணமான சூழ் நிலையில் நுரையீரலின் வழியாகப் பரவக் கூடிய CO_2 வின் அளவாகும். இதே போல ஆக்சிஜனுக்கு 5800 செமீ^{3}/நிமிஷம் என்ற மதிப்பு கிடைக்கிறது. இது ஒரு சுமாரான ஊகம்தான். நாம் கற்பித்துக் கொண்ட நுரையீரல் பரப்பு, சவ்வுத் தடிமன் அடர்வுச் சரிவு ஆகியவை துல்லியமானவையல்ல.

நுண்ணறைப் பகுதிகளில் pO_2 வைப் பராமரித்தல்

இரண்டாவது உலகப் போரின் போது விமானிக்கு 100% ஆக்சிஜனை வினியோகிக்கக்கூடிய ஒரு கருவி உருவாக்கப் பட்டது. உயரத்திற்குத் தகுந்த படியும், விமானிக்குத் தேவைப்படும்போது மட்டும் கிடைக்கும் படியும் ஆக்சிஜனைத் தரக்கூடிய வகையில் இருகருவியமைப்பு சீர்திருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த சீர்திருத்தங்களின் குறிக்கோள் வெளிச் சூழ்நிலைகள் மாறும்போது நுரையீரலில் po_2 மதிப்பை மாருமல் வைப்பதேயாகும். இதஞல் தற்கால விமானிகள் 40,000 அடி உயரம் வரை இடையூறின்றிப் பறக்க முடிகிறது. 42,000 அடி உயரத்தில் (130 பாதரச மி.மீ அழுத்தத்தில்) 100% ஆக்சிஜனைச் சுவாசிக்கையில் நுயையீரல் அழுத்தம்.

$$= 130-40.\ \text{மி·மீ}\ pCO_2—47\ \text{மி·மீ}\ pH_2o = 47\ \text{பா மி·மீ}$$

இந்த குறைந்த ஆக்சிஜன் அழுத்தம் விமானியை நினைவிழக்கச் செய்து விடும். இதற்கு மேற்பட்ட உயரங்களில்

விமானி தூய ஆக்கிஜனை சுவாசித்தால் கூட அவருக்கு மரண மேற்பட்டு விடும். நவீன விமானங்கள் மிகுந்த உயரங்களில் சாதாரணமாகப் பறக்கக் கூடியவையாதலால் இத்துறையில் தீவிரமான ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்பட்டு வருகின்றன. தனி வகையான முகமூடிகளின் மூலம் அதிக அழுத்தத்தில் ஆக்சிஜன் சுவாச உறுப்புகளுக்குத் தரப்படுகிறது. அல்லது விமானம் முழுவதிலுமே அழுத்தம் பராமரிக்கப்படுகிறது. ஆனால் இத்தகைய விமானங்களில் கசிவினால் விபத்தேற்படும் சாத்தியக் கூறுகள் உண்டு.

நவீன விமானங்களின் பரிமாணங்களிலிருந்து கணக்கிடும் போது சிறிய துளைகளினாலும் 0·01 வினாடிகளுக்குள் விமான அறைக்குள்ளிருக்கும் அழுத்தம் மறைந்து வெளியிலிருக்கும் விண்வெளி அழுத்தத்திற்கு சமமாகக் குறைந்து விடும் எனத் தெரிகிறது. இத்தகைய திடீர் அழுத்த வீழ்ச்சிகளின்போது நுரையீரல்களிலும் அழுத்தம் குறைகிறது. இத்தகைய அழுத்த வீழ்ச்சிகளை மனிதன் எவ்வளவு தூரம் தாங்கிக்கொள்ள முடியும் என்பதற்கான திட்டமான விவரங்கள் கிடைக்கவில்லை.

வெளி அழுத்தம் மாறுவதால் 'நுரையீரலில் pCO_2, pHO_2 ஆகிய அழுத்தங்கள் பாதிக்கப்படுவதில்லை. 50,000 அடிக்கு மேற்பட்ட எல்லா உயரங்களிலும் நுரையீரல் இடை வெளிகளில் pO_2 சுழிக்குச் சமமாகிவிடும். 63000 அடி உயரத்தில் வளி அழுத்தம் உடலிலுள்ள நீர் ஆவியின் அழுத்தத்திற்கு சமமாக இருக்கும். இதற்குமேல் திசுத்திரவங்களின் கொதிநிலை உடலின் வெப்பநிலையை விடக்குறைவு. வாயு விரிவடைவதை உடல் குழிகள், அறைகளின் மீள்திறன் கட்டுப்படுத்துகிறது. எனவே உடலுக்குள்ளும் வெளியேயும் உயர்ந்த அழுத்த வேறுபாடுகள் தோன்றக்கூடும். இதனால் திசுக்கள் சேதப்படுகின்றன நுரையீரல் நுண்ணறைகளில் ஆக்சிஜன் இல்லாமல் போவதும், திசுத்திரவங்கள் கொதிப்பதும் சேதத்தை ஏற்படுத்த முடியும்.

ஹிட்ச்காக் (1947) முதலியோர் நாய்களைப் பயன்படுத்தி 30 பாதரச மி.மீ வரை திடீர் அழுத்த வீழ்ச்சிகளின் விளைவுகளை ஆராய்ந்த போது உடலில் வெளிப்படையான சேதம் ஏதும் ஏற்பட்டதைக் காணவில்லை. ஆனால் வயிறு, ஈரல், மண்ணீரல் ஆகியவை சில சமயங்களில் சேதப்பட்டன. எனவே உடல் குழிகளில் ஏற்படும் வாயு விரிவு முக்கியமான விஷயமல்ல எனத் தெரிகிறது. வயிற்றுப் பகுதியில் ஏற்படும் வாயு விரிவு உதர விதானத்தை அழுத்தி இதயத்தைத்

தொந்தரவு செய்யலாம். நுரையீரல்களில் இரத்தக் கசிவு ஏற்படுகிறது. உடலின் வயிற்றுப் பகுதிகளும் விரல்களும் வாயுவின் விரிவுனுல் பல மடங்கு உப்பிப் போகின்றன. அழுத்தம் அதிகரிக்கும் போது இந்த உப்பல் விரைவாக வடிந்து விடுகிறது. அழுத்தம் குறைந்த சிறிது நேரத்திற்கெல்லாம் இரத்தக் குழாய்களில் குமிழிகள் தோன்றுகின்றன. தமனி அழுத்தம் குறைந்து வெளி அழுத்தத்திற்கு சற்றுமேலே நின்று விடுகிறது. அப்போது இரத்த ஓட்டம் நின்று விடும். இதயம் சிறிது நேரம் தொடர்ந்து துடிக்கிறது. ஆனுல் வாயு மட்டுமே நிரம்பியிருக்குமாதலால் இதில் பயனிருக்காது. அழுத்தம் அதிகரித்ததும் இரத்த ஓட்டம் சீர்பட்டு விடும்.

பெரும்பாலான விலங்குகள் இந்தத் திடீர் அழுத்த வீழ்ச்சியை இரண்டு அல்லது மூன்று நிமிடங்கள் வரை தாங்க முடியும். மார்புக் கூட்டை இறுக்கமாக கட்டிப்பாதுகாப்பதன் மூலம் வீக்கத்தையும் வாயு விரிவையும் கட்டுப்படுத்தித் தாங்குதல் நேரத்தை அதிகரிக்க முடியும். இச் சோதனைகளிலிருந்து கிடைக்கும் முடிவுகளிலிருந்து விண்வெளி பயணிகளுக்கான சுவாசக் கருவிகளையும் உடைகளையும் திருத்தமாகத் தயாரிக்க முடிந்திருக்கிறது.

கடலில் மூக் குளிப்பவர்கள் ஆழங்களிலிருந்து மேல் பரப்பிற்கு விரைந்து வரும் போது திடீர் அழுத்த வீழ்ச்சியினுல் பாதிக்கடுவதைப் போலவே சாதாரண அழுத்தப் பகுதிகளிலிருந்து 30000 அடிக்கு மேற்பட்ட உயரங்களிலுள்ள குறைந்த அழுத்தப் பகுதிகளுக்குச் செல்லும் போதும் மனிதர்கள் பாதிக்கப்படுகிருர்கள். எலும்பு இணைப்புகளிலும் புறப்பரப்பிலுள்ள கொழுப்புப் பகுதிகளிலும், மார்புக் கூட்டிலும் வலி ஏற்பட்டு, குறைந்த அழுத்தப் பகுதிகளில் நீடித்துத் தங்கினுல் மரண மேற்படக்கூடிய நிலையும் தோன்றும். அப்போது விரைந்து குறைந்த உயரங்களுக்கு இயங்கி விட்டால் உபாதை நீங்கி விடுகிறது.

அழுத்தம் குறையும்போது உடல் திரவங்களில் நைட்ரஜன் தெவிட்டிய நிலையை அடைந்து நைட்ரஜன் குமிழிகள் தோன்றுகின்றன எனப்பலர் கருதுகிருர்கள். வலி உணர் அமைப்புகள் அழுத்தப்படுவதால் வலி தோன்றுகிறது.

25. உயிர் மின்னியல்

உடல் அமைப்புகள் மின் தடைகளும், மின் ஏற்பிகளும், கொண்ட தொகுப்புகளாகக் கொள்ளலாம். மின் தூண்டல் (Inductance) பண்புகள் திசுக்களில் காணப்படவில்லை. சீரான நேர் மின்னோட்டத்தைத் திசுக்களின் வழியாகச் செலுத்தினால் அது ஒரு மின்தடையைப்போலச் செயல்படுகிறது. ஒரு உப்புக் கரைசலின் மின்தடை கரைப்பானின் மின்தடையைவிடக் குறைவு என நாம் அறிவோம். செறிவு அதிகரிக்கும்போது மின்தடை குறைகிறது. மின் தடையின் தலைகீழ் மதிப்பு மின் கடத்துதிறன் (Conductance) எனப்படும். மின்பகு பொருளின் ஒரு கிராம் சமமான எடை கரைந்த கரைசலில் ஒரு செ. மீ நீளமுள்ள கரைசல் கம்பத்தின் கடத்துதிறன் சமமான மின்கடத்து திறன் (Λ) எனப்படும். மின்பகு பொருளின் ஒரு கிராம் மூலக்கூறு எடை கரைந்த, ஒரு செ. மீ நீளமுள்ள கரைசல் தம்பத்தின் கடத்து திறன் மோலர் மின் கடத்து திறன் (h) எனப்படும். ஒரு கரைசலின் மின் கடத்து எண் (Specific Conductance) என்பது (கரைசலின் மின்கடத்து திறன் X கருவிக்கான ஒரு மாறிலி) எனும் பெருக்குத் தொகைக்குச் சமமாகக் கொள்ளப்படுகிறது.

ஒரு மின் பகுபொருள் கரைசலின் செறிவு குறையும்போது மின் கடத்து எண் குறைகிறது. மின் கடத்து திறன் அயனிச் செறிவைப் பொறுத்தது. ஒரு மின் பகுபொருள் கரைசலில் உள்ள இரு மின்வாய்களுக்கிடையில் E அளவுள்ள புலம் இருப்பதாய்க் கொள்வோம். கரைசலிலுள்ள எல்லா மின்களும் (q), $f = Eq$ எனும் விசையால் புலவிசைக் கோடுகளின் வழியாக நகர்த்தப்படும். மின்னேற்றப்பட்ட துகள்கள் முடுக்கப்பட்டு ஒரு முற்றுத்திசை வேகத்தை அடைந்து பின்னர் மாருத வேகத்துடன் குறைந்த புலப் பகுதிகளை நோக்கிச் செல்லும். இந்த முற்றுத்திசை வேகம் fக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். இது fvக்குச் சமம். v என்பது இயங்குதிறன் (Mobility) எனப்படுகின்ற அலகு

விசையினுல் இயக்கப்படும் துகளின் திசை வேகத்திற்குச் சமம்.

மின்பகு பொருளின் வழியாகப் பாயும் மொத்த மின்ேனாட்டம் $i = Nfu$ இங்கு N என்பது மின்களின் மொத்த எண்ணிக்கை.

சாதாரணமாக மின்களின் (நேரின மற்றும் எதிரின) மொத்த எண்ணிக்கை பிரிகையடைந்த அணுக்களின் எண்ணிக்கையைப்போல இரு மடங்காகும். நேரின அயனிகளின் இயங்குதிறன் U_+, எதிரின அயனிகளின் இயங்குகிறன் $u \div$ எனலாம்.

C செறிவுள்ள ஒரு கரைசலில் பிரிகையடைந்த மூலக் கூறுகளின் எண்ணிக்கை Sc எனில், மொத்த மின்னோட்டம் $i = qSce$ $(U_+ + U\ )$.

கரைசலின் மின்கடத்துஎண் என்பது மின்னோட்டத்திற்கும், மின் அழுத்த வேறுபாட்டிற்குமுள்ள தகவாகும். மின்வாய்களுக்கிடையிலுள்ள தொலைவு (மின் விசைக் கோடுகளின் நீளம்) d, மின்னழுத்த வேறுபாடு V எனில் $E = \frac{V}{d}$

d, மின்வாய்களின் அகலத்தைவிட மிகக் குறைவாயிருக்கும் நிலையில் சராசரியாக மின் விசைக் கோடுகளின் நீளம் d. அப்போது கலத்தின் கடத்துதிறன்

$$= \frac{1}{R} = \frac{q\delta c}{d}\ (U_+ + U_-)$$

மின் கடத்து எண் P என்பது மின்னோட்டத்தின் திசைக்குச் செங்குத்தாக உள்ள அலகுப் பரப்பில், மின்வாய் இடைவெளி அலகுத் தொலைவாயிக்கும் போது உள்ள மின் கடத்து திறனாகும். அல்லது $P = q\delta c\ (U_+ + U_-)$

உண்மையில் மின்கடத்து நிகழ்ச்சி இவ்வளவு எளியது அல்ல. ஏனெனில் மின்பகுபொருள் உள்ள புல மின்னேற்றகளைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளவில்லை. ஒரு அயனி மேல் செயல்படும் புலம் $\frac{v}{d}$ க்குச் சமம் அல்ல.

செல்களும் திசுக்களும் மின் கடத்துதல்

ஒரு செல்லைச் சுற்றியுள்ள சவ்வு அதைச் சுற்றியும், அதற்குள்ளும் இருக்கும் கரைசலைவிட குறைவாக மின் கடத்தக் கூடி

யது. எனவே ஒரு செல்லை ஒரு மின்பகு கரைசலின் நடுவில் வைத்து மின்னோட்டத்தை செலுத்தினால் குறைந்த மின்னோட்டமே செல்லின் வழியாகச் செல்லும். ஒரு மின் கடத்தும் ஊடகத்தில் இத்தகைய பல செல்கள் இருக்கும்போது மாக்ஸ் வெல்லின் சமன்பாட்டின் படி,

$$\frac{\frac{r_1}{r}-1}{\frac{r_1}{r}+2} = \phi \frac{\frac{r_1}{r_2}-1}{\frac{r_1}{r_2}+2}$$

இதில் r என்பது கரைசலின் மின் தடை எண், r_1 என்பது ஊடகத்தின் மின் தடை எண், r_2 என்பது செல்லின் மின் தடை எண், ϕ என்பது செல்களின் பருமத்திற்கும் தொகுப்பின் பருமத்திற்குமான தகவு ஆகும். இச் சமன்பாடு கோளத்திற்கு மட்டுமே பொருந்தும். செல்கள் வேறு உருவமாயுள்ள போது f எனும் உருவக் காரணி (Shape factor) ஒன்றை அறிமுகப்படுத்தி இச் சமன்பாட்டைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\frac{1+\frac{r_1}{r}}{f+\frac{r_1}{r}} = \phi \frac{1-\frac{r_1}{r_2}}{f+\frac{r_1}{r_2}}$$

அல்லது

$$r = r_1 \frac{(1-\phi)r_1 + (f+\phi)r_2}{(1+)\phi)r_1 + f(1-\phi)r_2}$$

உயிர் செல் ஒரு படித்தானது அல்ல. அது மின் கடத்தும் பொருளைச் சுற்றி மின் கடத்தா சவ்வு உள்ள அமைப்பு. சைட்டோப்ளாசத்தின் மின்தடை எண் r'_2,

சவ்வின் அலகுப் பரப்பின் மின்தடை $r3$, செல் ஆரம் a, எனில்

$$r_2 = r'_2 + \frac{r_3}{a}$$

எனவே செல் தொங்கல் கரைசல்களின் மின்தடை எண்,

$$= r_1 \frac{(1-\phi)\ r_1 + (f+\phi)\ \left(r'_2 + \frac{r_3}{a}\right)}{(1+\phi)r_1 + f(1-\phi)\ \left(r'_2 + \frac{r_3}{a}\right)}$$

இச் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி ஒரு கோள வடிவ செல்லின் மின் தடை எண் = $1 \cdot 0001 \times 10^6$ ஆம் செ.மீ. அளவில் உள்ளது என கோல் (Cole), கர்ட்டிஸ் (Curtis) ஆகியோர் கணக்கிடுகிறார்கள். இவ்வாறு உடல் திரவத்தில் தொங்கிக் கொண்டிருக்கின்ற செல்கள், திசுக்கள் ஆகியவற்றின் மின் தடை எண்களைச் சுமாரான துல்லியத்துடன் கணக்கிட முடிகிறது.

செல் சவ்வின் வெளிப் புறத்திலுள்ள இரு புள்ளிகளுக்கிடையில் மின்னழுத்த வேற்றுமை உள்ளபோது செல் சவ்வின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டங்களை அளப்பதற்குக் கம்பிகளின் வழியாக பாயும் மின்னோட்டங்களை ஒப்புவமையாகக் கொள்ளலாம். நரம்பு, தசைகளிலுள்ள நீண்ட உருளைச் செல்களுக்கு இது ஏற்றது. இம்முறையில் கோல், ஹாட்க்கின் (1939) ஆகியோர் உள் சைட்டோப்ளாசம், மின்பகு பொருளின் வெளிப் படலம், ஒரு நம்ரபிழையிலுள்ள சவ்வு போன்றவற்றின் மின் தடைகளைக் கணக்கிட்டுள்ளார்கள் இதன்படி செல்லின் மின் தடை

$$R = \frac{r_1 r_2}{r_1 r_2} \& + \frac{2r_1^2 \lambda}{(r_1 + r_2)(K + \text{Coth}\, s/2\lambda)}$$

s என்பது மின்வாய்களுக்கிடையிலுள்ள தொலைவு k என்பது மின் வாய்களின் நீளத்தைப் பொறுத்த ஒரு மாறிலி. மின்வாய்கள் சிறியதாயிருந்தால் $k = 1$ மிக நீளமாயிருந்தால்

$$K = \sqrt{r_1 + r_2 / r_2}$$

(Coth = Logcot)

λ என்பது இழையின் தனிப்பண்பு நீளம் (Characteristic length) எனப்படும்.

$$\lambda = \sqrt{\frac{r_m}{r_1 + r_2}}$$

இதில் r_m என்பது சவ்வின் மின் தடை எண், r_1 என் பது இழை அமிழ்ந்துள்ள கரைசலின் மின் தடை எண் r_2 என்பது சைட்டோப்ளாசத்தின் மின் தடை எண்.

இத்தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி s-ன் வெவ்வேறு மதிப்புகளுக்கு இழைகளின் மின் தடையை அளந்து λ மதிப்பைக் கணக்கிடலாம். அதிலிருந்து சவ்வு, செல்லின் உள்புறம்,

வெளிப்புறம் ஆகியவற்றின் மின்தடை எண்களைக் கணக்கிடலாம். செல்களின் சைட்டோப்ளாச மின்தடை எண் 30—3000 ஓம் செ. மீ. நெடுக்கத்திலிருக்கிறது. பெரும்பாலான பாலூட்டிகளின் செல்கள் 300 ஓம் செ. மீ. மின்தடை எண்ணுள்ளவை. சவ்வு மின்தடை எண் நூறிலிருந்து 100000 ஓம் செ. மீ. ஆக உள்ளது.

செல் வழியாக மாறு மின்னோட்டம் (Alternating curent) செல்லும்போது திசுக்களின் மற்ற பண்புகளையும் செல்வழியே செல்லும் மின்னோட்டம்

$$I = \frac{V_o}{\sqrt{R^4 + 1/_{w^2C^3}}} \text{Sin}(wt + \beta)$$

எனக்காட்டலாம். இங்கு β = ஆர்க்டான் $\frac{1}{WCR}$

(ஆர்க்டான் என்பது $\tan^{-1}$)

இதில் w கோண அதிர்வெண் (Angular Frequency) V_o என்பது t = O நேரத்தில் செல்லின் இரு மின்னேற்பு முனைகளுக்கிடையிலான அழுத்த வேறுபாடு, R என்பது மின்தடை, C மின்னேற்பு திறன் ஆகும். $\sqrt{R^2 + 1/w^2 C^4}$ எனும் கோவை, மின் எதிர்ப்பு (Impedance) எனப்படும். இதில் $\frac{1}{WC}$ என்பது மறுப்புக்கோவை (Reactance term) எனப்படுகிறது. மின்தடை மின்னேற்றத் தொகுப்பை மட்டும் கருத்தில் கொண்டு, இக்கோவையை வருவித்துள்ளது என்பதை கவனிக்கவும். ஏனெனில் உயிர் திசுக்களில் தூண்டல் மறுப்பு (Inductive Reactance) தோன்ற வழியில்லை. மாறு மின்ஓட்ட சமன சுற்றுகளைப் (A. C. Bridger) பயன்படுத்தி திசு மின் எதிர்ப்புகள் கணக்கிடப்பட்டுள்ளன. அதற்கு சிறிய மின்னழுத்தங்களையே பயன்படுத்த வேண்டும். திசுக்கள் மின்னோட்டத்தினுல் சூடாகிவிடாமலும் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். முன் விளைவு ஏற்படுத்தாத பிளாட்டினம் அல்லது கரிய பலேடியம் (Palladium Black) பூசப்பட்ட மின்வாய்களைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

முழு உடலின் மின் எதிர்ப்பை அளப்பது மருத்துவத் துறையில் முக்கியமானது. உடலில் மின் தொடர்பை ஏற்படுத்துவதற்காகப் பல்வேறு வகையான மின் முனைகள் பயன்படுத்தப்

படுகின்றன. உடலின் மின் எதிர்ப்பு மின் முனைகள் பொருத்தப பட்ட இடங்களைப் பொறுத்தும் மின் முனைகளின் அமைப்பைப் பொறுத்தும் மாறுகிறது. அப்போது மின்னூட்டம் முதலில் தோலைக் கடந்து திசுக்களின் வழியே சென்று மீண்டும் எதிர்ப் புறத்திலுள்ள தோலை அடையும். தோலின் மின் எதிர்ப்புப் பண்புகள் திசுக்களை ஒத்திருக்காது. ஹார்ட்டன் ஆகியோர் உள்ளிருக்கும் திசுக்களின் மின் எதிர்ப்பை அளந்தால் போது மானது எனக் கருதினர்கள். எனவே அவர்கள் உடலில் நான்கு மின் முனைகளை இரு முன் கைகளிலும், இரு புஜங்களிலும் ஒவ்வொன்ருக— அமைத்து அளவெடுக்கலாம் என்று யோசனை கூறுகிருர்கள். அவர்களது தத்துவப்படி உடலின் ஆழ்ந்த திசுக்களின் மின் எதிர்ப்பு $Z = \frac{de + dr - (Ae + Ar)}{2}$ எனக் கிடைக்கின்றது.

இதில் de இடது முன்னங்கையிலுள்ள மின் முனைக்கும் வலது புஜத்திலுள்ள மின் முனைக்கும் இடையில் உள்ள தொலைவு.

dr இடது புஜத்திலுள்ள மின் முனைக்கும் வலது முன்னங் கையிலுள்ள மின் முனைக்கும் இடையிலுள்ள தொலைவு.

Ae இடது புஜத்திலுள்ள மின் முனைக்கும் இடது முன்னங் கையிலுள்ள மின் முனைக்கும் இடையிலுள்ள தொலைவு.

Ar வலது புஜத்திலுள்ள மின் முனைக்கும், வலது முன்னங் கையிலுள்ள மின் முனைக்குமிடையிலுள்ள தொலைவு.

மின் முனைகள் தோலைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்க பரப்பு அதிகரிக்கும்போது தோலின் மின் எதிர்ப்பு குறைந்து விடு கிறது. எனவே சில ஆராய்ச்சியாளர்கள் மின்பகு பொருள் நிறைந்த பெரும் தொட்டிகளில் கைகளை மூழ்க்கி வைத்துச் சோதிக்கின்ருர்கள். மற்றும் சில சோதனைகளில் B மதிப்பை கண்டுபிடிக்கிருர்கள். இது சில நோய் நிலைமைகளை குறிப்பாக தைராய்டு கோளாறுகளை ஆராய உதவுகிறது.

உயிர்மின் அழுத்தங்கள் (Bio Electric Potentials)

உடலில் இரு வகையான மின்னழுத்தங்கள் தோன்று கின்றன. ஒரு செல்லின் உட்பகுதிக்கும், வெளிப்பகுதிக்கும் இடையிலும், திசு அல்லது செல்லின் சேதமுற்ற பகுதிகளுக்கு மிடையிலும் அல்லது ஒரு உயிரியின் பரப்பின் பல்வேறு பகுதி களுக்கிடையிலும் எந்த நேரத்திலும் அளக்கப்படக்கூடிய

மின்னழுத்தங்கள் ஓய்வு மின்னழுத்தங்கள் (Resting Potentials) எனப்படும்.

இரண்டாவதாக நரம்புகள், தசைகள், மற்ற செல்கள் ஆகியவை வழியாக உணர்வலைகள் கடத்தப்படும்போது சேர்ந்து செல்லும் கடத்தல் அல்லது இயங்கு மின்னழுத்தங்கள் (Conduction or Action Potentials) ஆகும். இவற்றை எலக்ட்ரோ கார்டியோ கிராப் (ECG) எலக்ட்ரோ என்சைபாலோ கிராப், எலக்ட்ரோமயோ கிராப் போன்ற கருவிகளால் அளக்கலாம். ஓய்வு மின்னழுத்தங்கள் சீரானவை. இயங்கு மின்னழுத்தங்கள் தொடர்ந்து மாறிக் கொண்டேயிருக்கும்.

செல்களில் ஏற்படும் கடத்தல்கள் பலவகைபடும் அவை யாவன :

(1) உலோகக் கடத்திகளிலுள்ளது போன்ற எலக்ட்ரான் இடமாற்றம்

(2) வெற்றிடத்திலுள்ளது போன்ற எலக்ட்ரான் இயக்கம்

(3) அயனிக் கடத்தல்

(4) புரோட்டான் கடத்தல் அல்லது H^+ இடமாற்றம்

(5) அரைக் கடத்திப் படிகங்களிலிருப்பது போன்ற துளைக் கடத்தல் (Hole Conduction)

ஓய்வு அழுத்தங்களில் மிக எளிமையானது செல்லின் உட்புறத்திற்கும் வெளிப்புறத்திற்குமிடையிலிருப்பதாகும். இதை நுண்ணிய மின்வாய்களைப் பயன்படுத்தி அளக்கலாம். பெரிய தாவர செல் வலோனியாவிலிருந்து தனித்தனி அமீபாக்கள் வரை இவ்வாறு சோதிக்கப்பட்டுள்ளன. ஓய்வு மின்னழுத்தங்கள் ஒரு மில்லி வோல்டின் பின்னங்களிலிருந்து நூறு மில்லி வோல்ட் வரை இருக்கின்றன. பெரும்பாலான செல்களில் உட்புறம் குறைந்த மின்னழுத்தங்களிலும் வெளிப்புறம் உயர்ந்த மின்னழுத்தங்களிலும் உள்ளன. இது செல் சவ்வின் அயனிகள் வெவ்வேறு அளவில் பரவியிருப்பதால் ஏற்படுவதாக பெர்ன்ஸ்டீன் கூறுகிறார். இந்தப் பாவீட்டை டோனன் சமநிலைத் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் ஆராயலாம்.

திசுவைத் தூண்டல்

திசுக்களை மின்சார, வெப்ப ரசாயன வகைத் தூண்டல்களினால் தூண்டலாம். மின்வகைத் தூண்டல்களை எளிதாகத்

தரம் பிரிக்கவும், நேரம் அளக்கவும் உருவாக்கவும், பதிவு செய்யவும் முடியும். எனவே மின் வகை தூண்டல்களின் அடிப் படையிலேயே திசுத் தூண்டல்களைப் பற்றி விளக்கலாம்.

ஒரு திசு துலக்கம் (Response) காட்டுவதற்கு உணர் துவக்க அளவு (Threshold) மின்னோட்டம் ஒன்று உள்ளது. இதன் அளவு தூண்டல் காலத்தைப் பொறுத்துள்ளது அதாவது குறுகிய காலத் தூண்டல்களுக்கு உயர்ந்த மின்னோட்டமும், நீடித்த தூண்டல்களுக்குக் குறைந்த மின்னோட்டமும் உணர் துவக்க அளவுகளாயிருக்கும். ஒரு மின்னோட்டத்தை செல்லுக் குள்ளிருந்து வெளியே பாயுமாறு செய்தால் செல் உணர்ச்சி யூட்டப்படும். மின்னோட்டம் வெளியிலிருந்து உள்ளே பாயும் போது இரண்டாவது தூண்டலுக்கான உணர் துவக்க அளவு அதிகமாகி விடும். இவ்வாறு ஒரு செல்லின் பரப்பில் இரண்டு மின்வாய்களை வைத்தால் எதிர் மின்வாயில் தூண்டல் ஏற்படும். ஒரு தூண்டல் உணர்துவக்க மட்டத்தை அணுகும்போது ஒரு தல உணர்வு காட்டல் (Local Response) ஏற்படும். அதன் அளவு அண்டையிலுள்ள செல்களுக்குப் பரவுமளவிற்கு அதிக மாயில்லாததால் அது மங்கிவிடும். உணர்துவக்க மதிப்பு என்பது 50 சதவீதத் தூண்டல் கிளர்வு துலக்கத்தை (Active Response) வெளிப்படுத்தத் தேவையான மின்னோட்ட வலு வாகக் கொள்ளப்படுகிறது.

ஹில்லின் உணர்ச்சியூட்டல் (Excitation) கொள்கை

ஒரு மின்னோட்டம் பாய்வதன் விளைவாக தல உணர்ச்சி மட்டம் உயர்ந்து கொண்டிருக்கும்போது உணர் துவக்க அளவும் உயரும். ஒரு இரண்டாவது தூண்டலுக்கான உணர் துவக்க அளவு, தற்போதுள்ள உணர் துவக்க அளவிற்கும் உணர்ச்சியூட்டப்பட்ட அளவிற்கும் உள்ள வேறுபாடு ஆகை யால் இப்போது காணப்படும் தகவமைப்பு உணர் துவக்க அளவில் ஏற்படும் உயர்வினால் இருக்கலாம்.

ஒரு செவ்வகத் துடிப்பைச் (Rectangular Pulse) செலுத்தும் போது மின்னோட்டத்தினால் உணர்ச்சியூட்டப்பட்ட நிலை அதி கரிப்பது ஒரு சிதைவுச் செயலினால் எதிர்க்கப்படுகிறது. இந்த எதிர்ப்பு, உணர்ச்சியூட்டல் அதிகரிக்கும்போது அதிகமாகிறது. இறுதியில் இரு நிலைகளுக்கும் இடையில் ஒரு சமநிலை ஏற்படுகிறது.

இதனால் உணர்ச்சியூட்டிய நிலை படிக்குறி வடிவில் (Enponential) உயர்கிறது. செவ்வக உணர்வினை நிறுத்தி

விட்டால் உணர்ச்சி நிலை ஓய்வு நிலைக்குக் குறையும். இந்தக் குறைவும் படிக்குறி வடிவிலேயே இருக்கும்.

தனி உணர்துவக்க அளவு, மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தத் துவங்கியவுடன் படிக்குறி வடிவில் அதிகரிப்பதாகக் கொள்வோம். அதன் கால மாறிநில (Time Constant) λ என்க. உணர்ச்சியூட்டும் மின்னோட்டம் நிறுத்தப்பட்டால் உணர் துவக்க அளவு படிப்படியாக குறைகிறது.

தூண்டப்படுவதற்கு முன் தல உணர்ச்சி யூட்டிய நிலை V_0 θ விநாடிகளுக்குப் பின்னர் V எனில் உணர்க்சி வளர்நிலையை

$$V - V_0 = be^{-t/k} \int_{\theta=0}^{\theta=t} I_0 e^{\theta/k} \, d\theta$$

எனும் சமன்பாட்டால் குறிப்பிடலாம். இதில் b ஒரு மாறிலி k என்பது உணர்ச்சியூட்டிய நிலைக்கான சிதைவு மாறிலி (decay Constant) $I\theta$ என்பது θ வைப் பொறுத்த சார்பு எண்ணுன மின்னோட்டம்.

இதைபோல உணர்துவக்க அளவு அதிகரிப்பதை

$$U - U_0 = \frac{e^{-t/\lambda}}{\lambda} \int_{\theta=0}^{\theta=t} (V - V) e^{\theta/\lambda} \, d\theta$$

எனும் சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம். இதில் V என்பது θ விநாடிகளுக்குப்பின் உணர்துவக்க நிலை, V_0 என்பது துவக்கத்தி லிருக்கும் ஓய்வு உணர்வு துவக்க நிலை, λ என்பது உணர் துவக்கக் குறைவிற்கான கால மாறிலி.

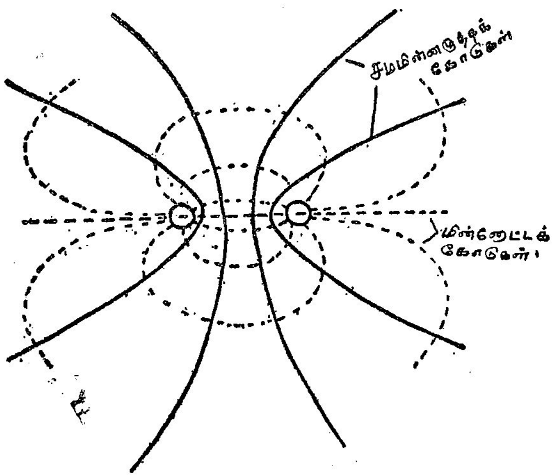
U V, ஆகியவை சமமாயிருக்கும்போது உணர்ச்சி யூட்டல் நேர்கிறது. தூண்டலைச் செலுத்துமுன் சவ்விற்குக் குறுக்கே ஒரு ஓய்வு மின்னழுத்தம் இருக்கிறது. தூண்டல் ஆரம்பித்த வுடன் உணர்ச்சி நிலை, ஏற்பட்டு அதிகரிக்கிறதுஉணர்சி நிலை, உணர்த்துவக்க நிலையை அணுகும்போது சவ்வின் உணர்ச்சியூட்டப்பட்ட பகுதியில் ஒரு திடீர் மாற்றம் ஏற் பட்டு இம்மாற்றம் செல்நீளம் முழுவதும் பரப்பப்படுகிறது. அப்போது செல் சவ்விற்குக் குறுக்கே அளக்கக் கூடிய

ஒரு மின்னழுத்த மாற்றம் (இயங்கு மின்னழுத்தம்) ஏற்படுகிறது. சவ்வின் மின்தடை கணிசமாகக் குறைகிறது. உணர்ச்சியூட்டப்பட்ட சவ்வுப் பகுதியின் வழியாக Na^+ அயனி செல்லுக்குள் சென்று K^+ அயனிகள் செல்லைவிட்டு வெளியேறுகின்றன. இவையெல்லாம் உணர்வலை பரப்பப்படும் முறையின் பகுதிகளாகக் கருதப்படுகின்றன. கடல் ஸ்குவிட்டின் பெரிய ஆக்சான் செல் வழியாக உணர்வலை பரவும் போது, சவ்வு மின்னழுத்தம் சுழியாகக் குறைவது மட்டுமின்றி எதிர்த்திசையில் மாறிவிடுகிறது.

உடல் மேற்பரப்பிலுள்ள மின்னழுத்தங்கள்

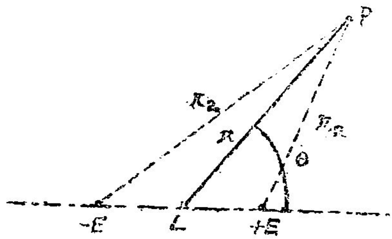
ஒரு எல்லையற்ற மின் கடத்தாப் பொருளில் உள்ள இரு முனைகளுக்கிடையில் (Dipole) ஒரு மின்னியக்கு விசை தோற்றுவிக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். அதில் ஒரு விசைப் புலம் தோன்றி மின் கடத்தா ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகத்துடன் பரவும். மின்னழுத்தப் புலம் தொலைவதிகரிக்கும்போது குறையும் மின்கடத்தா மாறிலி (Dielectric Constant) அதிகமாயிருக்கும்போது ஒரு புள்ளியில் உள்ள புலம் செறிவு குறைந்ததாயிருக்கும். புல வலுக்கள் நேரத்துடன் மாறுது.

ஊடகம் மின் கடத்தியாக இருந்தால் விசைக்கோடுகளின் வழியாக மின்னோட்டம் ஏற்படும். ஊடகம் அரிதிற்கடத்தியாக இருந்தாலும், மின்னியக்கு விசைத்தோற்றுவாய் வலுக்குறைந்த



படம் 114

தாய் இருந்தாலும் ஒரு தொலைவில் புலம் இல்லாதவாறு மின்னோட்டம் ஊடகத்திலுள்ள மின்னேற்றத்தைச் சரிப்படுத்துவதற்காகப் பாயும் போது, நேரத்துடன் லாகரிப் பண்பில் குறைகின்ற ஒரு விசைப்புலத்தை இரு முனைகள் தோற்றுவிக்கலாம்.



படம் 115

ஒரு வரம்பற்ற மின்கடத்தா ஊடகத்தில் ஒரு முனையைக் (Dipole) கவனிப்போம். இருமுனையைச் சுற்றியுள்ள பகுதியுள்ள புலத்தை $\nabla^2 V = 0$ எனும் லாப்லாஸ் சமன்பாட்டினால் குறிக்கலாம். V என்பது மின்னழுத்தம். ஊடகத்திலுள்ள எல்லா மின் செறிவுகளையும் கூட்டினால் அவற்றின் கூட்டுத் தொகை சுழி என்பதை ∇^2 குறிக்கிறது. கூலாம் விதியைப் பயன்படுத்தி இருமுனை மின்னழுத்தப் புலத்தின் வடிவத்தைத் தீர்மானித்து விடலாம். இருமுனையின் +E,—E ஆகிய முனைகளுக்குக்கிடைளிலுள்ள தொலைவு l என்க. இருமுனையின் மையப்புள்ளி (L) யிலிருந்து r தொலைவில் θ கோணத்திசையில் k எனும் மின்கடத்தா மாறிலியுள்ள (Dielectric Coustant) ஊடகத்தில் உள்ள P எனும் புள்ளியை எடுத்துக் கொள்வோம்.

$$\text{P யில் உள்ள மின்னழுத்தம் } V_p = \frac{E}{kr_1} - \frac{E}{kr_2}$$

$$r >> l \text{ எனில், } r_1 = r - \frac{l}{2}\cos\theta$$

$$r_2 = r + \frac{l}{2}\cos\theta$$

$$\text{மேலும் } \frac{1}{r_1} \approx \frac{1}{r - \frac{l}{2}\cos\theta}$$

$$\simeq \frac{1}{r}\left(1 + \frac{l}{2r}\cos\theta\right)$$

$$\frac{1}{r_2} \simeq \left(1 - \frac{l}{2r} \cos\theta \right)$$

எனவே $V_p = \frac{E\, l \cos\theta}{kr^2}$

இருமுனையின் வலு $m = El$

எனவே $V_p = \frac{m \cos\theta}{kr^2} = \frac{M}{4\pi} \quad \frac{\cos\theta}{kr^2}$

$M = \frac{m}{4\pi}$ என்பது நடைமுறையில் இரு முனையின் வலுவை அளக்கும் அலகாகும்.

$l << r$ எனில் $V = \frac{E}{r}\left(\frac{1}{r1} - \frac{1}{2r}\right)$

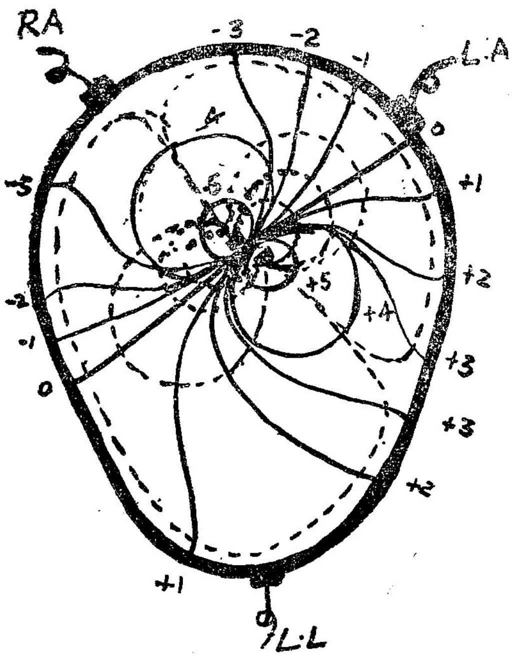
ஊடகம் வரம்பிலியாயில்லாமல் R ஆரமுள்ள கோளமாக இருந்தகல் $V = \frac{2M}{4\pi R} \cos\theta \left(\frac{1}{r^1} + \frac{2r}{r^3}\right)$

துரதிருஷ்டவசமாக விலங்குகளின் உடல் வரம்பின்றியோ, கோளமாகவோ இல்லை. எனவே மேற்பரப்பு மின்னழுத்தங்களைக் கணக்கிட்டுக் கூறுதல் மிகக்கடினம். உண்மையில் இவ்வாறு கூறமுடிகிறது. ஆனால் மறுதலையாக மேற்பரப்பு மின்னழுத்தங்களிலிருந்து இருமுனையின் பண்புகளை வரையறுக்க முடியாது. இது ஹெறால்ம்ஹேறால்ட்ஸின் மின்னியக்கப் பரப்புகளின் தத்துவம் (Principle of Electro motive surfaces) எனப்படுகிறது.

எலக்ட்ரோகார்டியா கிராம் (ECG)

பரும மின்கடத்தாக் கொள்கை (Volume Dielectric Theory) எலக்ரோ கார்டியோ கிராமின் சிருஷ்டியில் பெரும் பங்கு வகிக்கிறது. இதில் உடல் மேல் பரப்பில் உள்ள பல புள்ளிகளிலிருந்து சிறிய மின்னழுத்தங்கள் பதிவு, செய்யப்பட்டு, இதயத்தின் சுருக்கச் சுழலின் மின்சார விளைவுகளோடு மருத்துவ அடிப்படையில் இணைத்து ஆராயப்படுகின்றன. இவற்றைத் துல்லியமாக பகுத்தாராய்வது கடினம். மேலும் நாம் கற்பித்துக் கொள்கின்ற இருமுனையானது சாத தனது நிலையையும் ஒரு முகப்படு (Orientation) திசையையும் மாற்றிக் கொண்டேயிருப்பதால் இது மேலும் சிக்கலாகிறது.

கைகளும் கால்களும் இதயத்திலிருந்து தொலேவிலிருப்ப தால் மின்னழுத்தங்கள் அவற்றின் வழியே விரல்களின் திசை யில் அவ்வளவாகக் குறைவதில்லே. ஆகவே உடம்பின் (torso) மேல் தோன்றும் மின்னழுத்தங்களே மட்டும் கவனித்தால் போதுமானது. உடம்பில் இதயம் மேல் பகுதியில் அமைந் துள்ளது. அதன் நீள அச்சு சற்று சாய்ந்திருக்கிறது. உடம் பில் உள்ள பொருள்களே ஒரு படித்தானவையாகக் கருதி சம மின்னழுத்தக் கோடுகளேயும் விசைக் கோடுகளேயும் படத்தில்

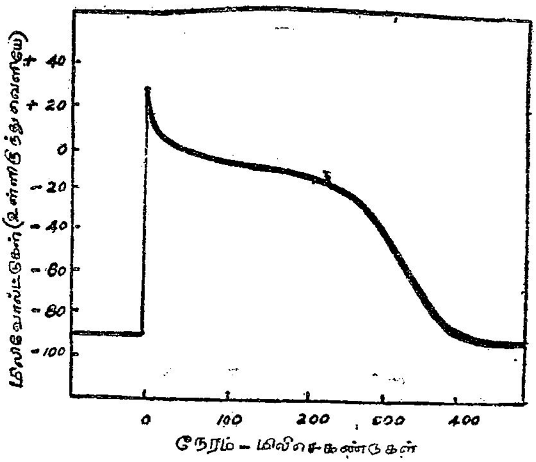


படம் 116

காட்டியபடி குறிக்கலாம். உண்மையில் உடம்பில் மின் கடத்தி களும் ஒரு சிக்கலான முறையில் அமைந்துள்ளன. காட்ஸ் (Katz) என்பார் உடம்பில் இருமுனேயின் இரு புறங்களிலும் ஒரு மின்கடத்திப் பகுதியும் ஒரு மின்கடத்தாப் பகுதியும் உள்ள தாகக் கற்பித்துக் கொண்டு விசைக்கோடுகள் அரிதிற் கடத்தி யில் குவிவதாகவும் மின் கடத்திப் பகுதிகளேச் சுற்றிக் கொண்டு செல்வதாயும் வைத்துக் கொள்கிருர். மின்னேட்டக் கோடுகள் இதற்கு நேர் எதிரான தன்மையில் அமைகின்றன.

இதயத் தசையின் இயக்க மின்னழுத்தம் படத்தில் காட்டிய படி துவக்கத்தில் விரைவாக உயர்ந்து பின்னர் மெதுவாக குறைந்து பின்னர் விரைந்து குறைகிறது. இதயத்தின் சுருக்கத்துடன் தொடர்பு கொண்ட இந்த மின்னழுத்தங்களை உடல் மேல் பரப்பிலிருந்து பதிவு செய்ய முடிகிறது. ஆனால் ஒரு மில்லிவோல்ட் அளவில் அவை இருப்பதால் விஷேசமான அமைப்புள்ள இழை கால்வனு மீட்டர்களைப் பயன்படுத்த வேண்டியிருக்கிறது.

இத்தகைய இயக்க மின்னழுத்தம் இதயத்தின் வலது மேலறையில் துவங்கிப் பின்னர் வலது, இடது கீழறைகள் மேலாகச் சென்று இதயத்தின் வழியாகச் செல்கையில் மறைந்து பின்னர் இதயத்தின் உச்சியில் மீண்டும் தோன்றி இதயக் குழித்

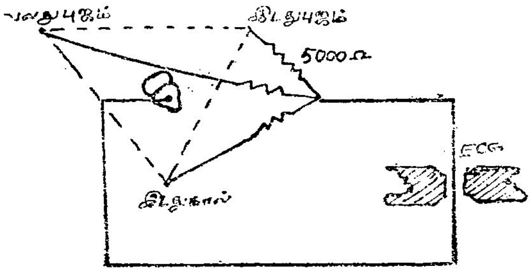


படம் 117

திசைக்கு மேலாகச் செல்கிறது. இப்பயணத்திற்காகும் நேரத்தைவிட அதிக நேரத்திற்கு மேலறையின் மின்னழுத்தம் நீடிக்கிறது. இதயத்தின் உச்சிக்கும், அடிப்பகுதிக்குமுள்ள மின்னழுத்த விகிதம் நேரத்தோடு மாறிக் கொண்டேயிருக்கிறது. சில சமயங்களில் அடிப்பகுதி உச்சியைவிட அதிக எதிரின மின்னழுத்தமுள்ளதாயும், சில சமயங்களில் உச்சி அடிபகுதியைவிட அதிக எதிரின மின்னழுத்தமுள்ளதாயும் இருக்கிறது.

எலக்ட்ரோ கார்டியோ கிராம்கள் இரு முறைகளில் எடுக்கப்படுகின்றன. ஒரு முறையில் வலதுபுஜம், இடதுபுஜம், இடது

கால் ஆகியவற்றில் படத்தில் காட்டியபடி மின்வாய்கள் வைக்கப் படுகின்றன. மற்ற சோதிப்பு மின்வாய்களை (Exploring lead) மார்பிலும், முதுகிலும் பல இடங்களில் வைக்கலாம். இவற்றி லிருந்து ஏதாவது இரு மின்வாய்களை ஒரு கால்வரு மீட்டருடன் இணைத்து அவற்றிற்கிடையிலான மின்னழுத்த வேற்றுமையை



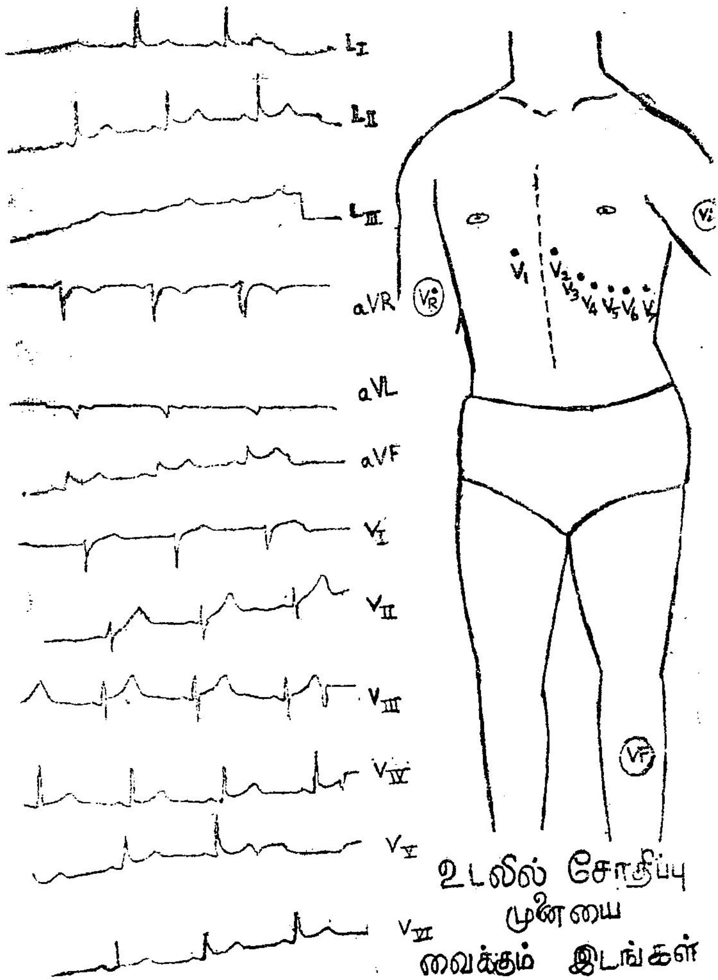
படம் 118

அளக்க வேண்டும். அப்படிப் பதிவாகின்ற மின்னழுத்தங்கள் ஒவ்வொரு மின்வாய்க்கும் அடியிலுள்ள உடல் பரப்பு மின்னழுத் தங்களின் கூட்டுத் தொகையாகும். அவற்றிலிருந்து உடல்நிலை ஆராயப்படும்.

இரண்டாவது முறையில் மின் அழுத்தம் மாருத ஒரு மேற் கோள் புள்ளி கண்டுபிடிக்கப்பட்டு வேறு ஏதாவது ஒரு புள்ளி யின் மின்னழுத்த வேறுபாடுடன் அதன் மின்னழுத்தம் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கப்படுகிறது. இந்த அமைப்பு ஒற்றை முனை மின்வாய் (unipolar lead) எனப்படும். ஒரு இரு முனையின் துருவங்களுடன் மூன்ருவது முனையை இணைத்து வரையப்படும் முக்கோணத்தின் முனைகளில் உள்ள மின்னழுத்தங்களின் கூட்டுத்தொகை சுழி எனக் கொள்ளப்படுகிறது. எனவே வலது புயம், இடது புயம், இடது கால் ஆகியவற்றைக் கம்பிகளால் இணைத்தால் ஒரு தலையிடா மின்வாய் (Indifferent Electrode) அமைகிறது. பதிவீடுகளில் குறுக்கிடக் கூடிய தோல் மின் னழுத்தங்களைத் தவிர்ப்பதற்காகவும், இத்தொகுப்பின் மொத்த மின் தடையை, கை, கால்களிலுள்ள மின் தடைக்குச் சம மாகவோ அல்லது அதைவிட அதிகமாகவோ செய்வதற்காக 5000 ஓம் மின் தடைகளைப் படத்தில் காட்டியபடி சுற்றில் சேர்க்கப்படுகிறது.

இத்தகைய அமைப்பைப் பயன்படுத்தி கைகளிலும், கால் களிலும் மின்னழுத்தத்தை அளக்கலாம். அல்லது மார்புச் சுவற்றில் சோதிப்பு மின்வாய்களை வைக்கலாம். மார்புச்

சுவற்றில் இயங்கு மின்வாய்களை வைத்தால் இதயத்தின் சுவர்களிலுள்ள மின்னழுத்தத்தை அளக்க முடிகிறது. படத்தில் உடலின் வெவ்வேறு இடங்களில் சோதிப்பு முனையை வைத்து எடுக்கப்பட்ட வரைகோடுகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 119A

எலக்ட்ரோ கார்டியோ கிராப் எனும் மின் இதயமானியைக் கொண்டு இதய நோயைத் தெளிவாகக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

இதயம் வேலை செய்யும்போது ஏற்படும் சிறிய மின் சக்தியைக் கூட இது அளக்கிறது. மின் இதயமானி மூலம் இதயச் சுருக்கம் முறையாக சைனோ ஆரிகுலர் நோடில் (வலது மேலறை சுருக்கம்) துவங்கி ஆரிகுலோ வென்ட்ரிகுலர் நோடிலும் ஏற்பட்டு அதிலிருந்து கீழறைகளுக்குச் செல்கிறதா இல்லையா என்பது தெரியும். மேலும் இப்பாதையில் எங்கேயாவது தடங்கல் ஏற்பட்டாலும் இந்தக் கருவி அந்தத் தடங்கலை—அதாவது பாதை சற்றுச் சுற்றிப் போவதாகக் காட்டும்.

இதயமும் பல ஆண்டுகள் எவ்வித மாறுதலுமில்லாமல் சுருங்கி விரியும். ஆனால் இதய நோய் கண்டவுடன் மாறுதல் ஏற்படுகிறது. அப்படி ஏற்படும் மாறுதல், நோய்க்குத் தக்கபடி நோய் வளர வளர அதிகப்பட்டும், நோய் குறையக் குறையக் குறைந்து வரும். நோய் தீர்ந்தவுடன் முன்பிருந்த நிலைக்கு வந்துவிடும். குணமடையாமல் நோய் வலுக்க வலுக்க மாறுதல்கள் எல்லாம் அதிகப்பட்டு காணப்படும்.

இந்நாளில் பிறவியிலிருந்தே ஏற்படும் இதய நோய்கள் அதிகமாகக் கண்டுபிடிக்கப்படுகின்றன. மின் இதயமானி மூலமாக அந்த நோயினால் இதயம் எவ்வாறு பாதிக்கப்படுகிறது எனக் காணமுடிகிறது. இந்த நோய் உள்ளவருடைய இதயம் ரணசிகிச்சையைத் தாங்குமா என்பதையும் காணலாம். அறுவை சிகிச்சை செய்யும்போது இக்கருவியோடு நோயாளியை இணைத்திருப்பதால் அவருக்குத் தீங்கு வராமலிருக்கிறதா என்று பார்த்துக் கொள்ள ஒரு திரையின் மீது இதயத்திலிருந்து தோன்றும் மின்சக்தியை ஒளி வடிவாக்கிப் பிரதிபலிக்கிறார்கள். அதை அவ்வப்போது பரிசோதித்து, இதயத்திலிருந்து மின்சக்தி சீராக வராமல் போனால் உடனே அறுவை சிகிச்சையை நிறுத்தி அதற்குரிய மாற்றங்களைச் செய்து சிகிச்சையை தொடருவர்.

ரண சிகிச்சை செய்த பிறகு சிகிச்சை சரியாகச் செய்யப்பட்டிருக்கிறதா இல்லையா என அறிவதற்கும் இக்கருவி இன்றியமையாதது.

நோய்க்கு மருந்து கொடுக்கும்போது அதிகமான இதயத் துடிப்பு அவ்வப்போது ஏற்படலாம். இதனை அதிகச் சுருக்கம் (Extra systote) எனச் சொல்வதுண்டு. இதில் சாதாரணமாக ஏற்படும் சைனோ ஆரிக்குலர்நோடு சுருக்கத்தைவிட இதயத்தின் வேறு பாகங்களில் ஏற்படும் மிகைப்பட்ட சுருக்கத்தினால் இவ்விதம் காணப்படுகிறது. இதில் ஒரு சுருக்கம் ஏற்பட்ட

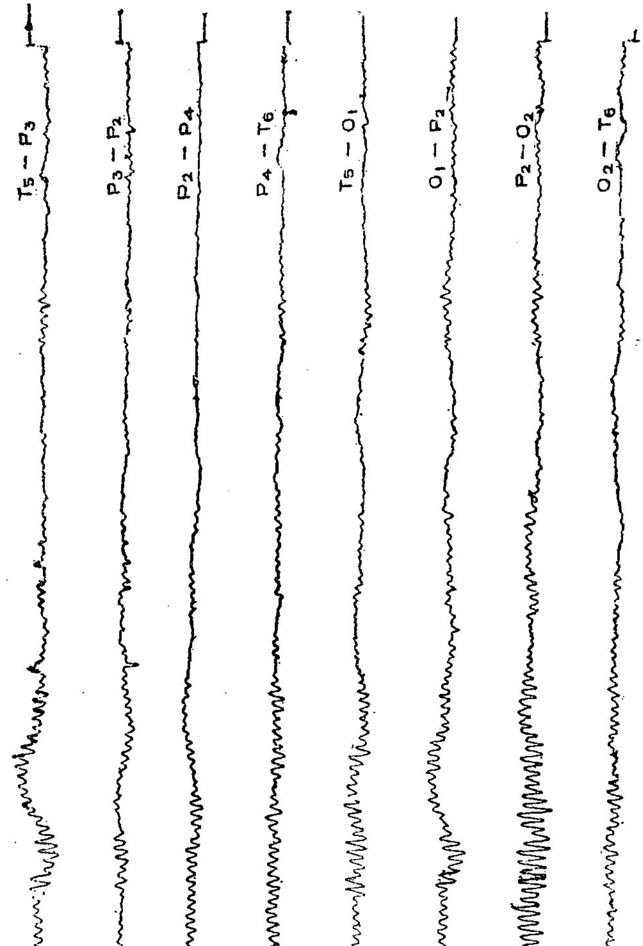
பிறகு இதயம் சில விநாடிகள் வேலை செய்யாமல் இருக்கும். முன்பு ஏற்பட்ட சுருக்கத்தைவிட இப்படி ஓய்வு எடுக்கும் நேரமே நோயுள்ளவருக்குப் புலப்படும். டிஜிடாலிஸ் (Digitalis) என்ற மருந்து கொடுக்கும் போதும் இம்மாதிரியான அதிகச் சுருக்கம் காணப்படலாம். இந்த அதிகச் சுருக்கம் இதயத்தில் எந்த பாகத்தில் ஏற்படுகிறது என்று இந்தக் கருவி மூலம் நிச்சயிக்க முடியும். இம்மாதிரி அதிகச் சுருக்கத்தைத் தவிர வேறு சில காரணங்களாலும் இதயத்தின் வேலைகள் மாறுபடக் கூடும். அப்போதும் அம்மாற்றங்கள் எவ்வகையானவை என அறிவதற்கு மின் இதயமானி மிகவும் உதவி செய்கிறது. உதாரணமாக இதய மேலறை இழை அழற்சி (Auricular Fibirillation) என்ற நோயினால் இதய மேலறைகள் வேலை செய்வதில்லை. அவற்றிலிருந்து தானாகவே இரத்தம் கீழறைகளுக்குள் செல்லுகின்றது. வைத்தியம் செய்யும்போது முன்னர் கூறிய அதிகச் சுருக்க நோயினின்று இதை வேறுபடுத்திக் காண்பது மிகக் கடினம். ஆனால் மின் இதயமானி இதற்கு உதவுகிறது. இக்கருவியின் பதிவுகளைப் புரிந்து கொள்ள அதற்கென்றே தனிப்பயிற்சி பெறவேண்டும்.

சுமார் 50 ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் ஹான்ஸ் பர்ஜர் என்பார் மண்டையோட்டின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் இரு புள்ளிகளுக்கிடையில் மின்னழுத்தம் அலைவடிவில் மாறுவதைப் பதிவு செய்தார். இக்கோடுகள் பர்ஜர் அலைகள் அல்லது எலக்ட்ரோ என்சபாலோ கிராம்கள் EEG எனப்படுகின்றன. நரம்பணுக்களும் நரம்புகளும் தாம் இயங்கும்போது மின்னோட்டங்களை ஏற்படுத்துகின்றன. இந்த ஓட்டங்கள் நரம்புகளுக்கருகிலுள்ள பகுதிகளுக்கெல்லாம் பரவித் தலையின் உச்சியை அடைகின்றன. மின்முனைகள் குறைவழுத்த நிலையிலுள்ள இந்த மின்னோட்டங்களைப் பெற்று மின்மூளை மானிக்குத்தர அது அவற்றின் வலிமையைப் பெருக்கி ஒரு வரைபடமாக வரைகிறது. சில சமயங்களில் மண்டை ஓட்டைத் திறந்து நேரடியாக மூளையிலிருந்தே வரைபடத்தைப் பெறுவதுண்டு. இது எலக்ட்ரோ கார்ட்டிகோ கிராப் (Electro Cortico graph) எனப்படும். மூளையின் புறப்பரப்பு அதிகமாக இருப்பதாலும் பல்வேறு இடங்களில் மின்னியக்கம் பலவிதமாக வேறுபடுவதாலும் ஒரே சமயத்தில் எல்லாப் பதிவுகளையும் பெறப் பல முனைகளைப் பல்வேறு பாகங்களில் அமைக்கிறார்கள். பெருமூளை இரண்டு பெரும் பகுதிகளாகப் பிரிந்திருப்பதால் ஒத்த இரு புள்ளிகளில் ஒரே சமயத்தில் ஏற்பட்ட பதிவுகளை ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பது பொதுவான முறை. பதிவுகளைச் செய்யக் கருவியில் பொதுவாக 8 மின்

முனைகளே இருக்கும். ஆனால் 12, 16, 32 முனைகளை உடைய கருவிகளும் உள்ளன. அண்மையில் ஏற்பட்டுள்ள பல சீர்திருத்தங்களினால் நோயாளிகளை நேரடியாக எந்திரங்களுடன் இணைக்காமலேயே அவர்களின் மூளையின் மின் அலைகளைப் பதிவு செய்யும் சாதனங்கள் ஏற்பட்டுள்ளன. இம்முறை தொலைப் பதிவு (Telemetry) எனப்படும்.

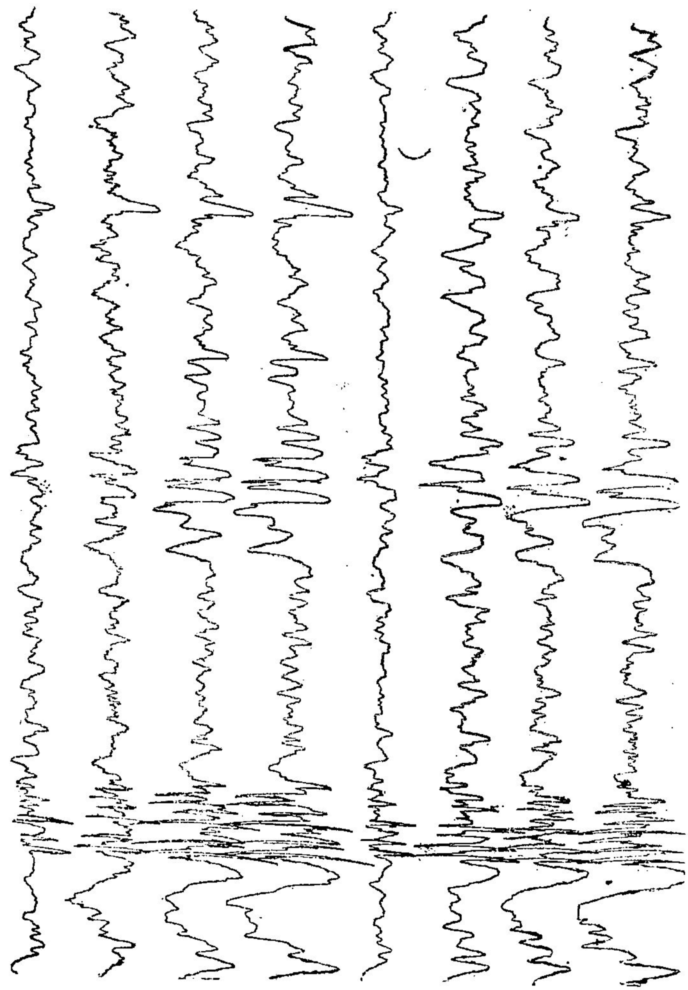
சாதாரண நிலையில் மூளையில் மின் துடிப்புகள் ஏற்படும் காரணம் தெளிவாய்த் தெரியவில்லை. எனினும் பல்வகைத் துடிப்புக்களைப் பற்றி அனுபவத்தின் மூலம் அறிந்துள்ளோம். அவை கீழ்கண்டவாறு பாகுபாடு செய்யப்பட்டுள்ளன. ஒரு வினாடிக்கு $3\frac{1}{2}$ சைகிளுக்கும் குறைந்த துடிப்புகள் டெல்டா துடிப்பு (Delta Rhythm) எனவும் வினாடிக்கு $3\frac{1}{2}-7$ சைகிள் வரையான துடிப்புகள் தீட்டா துடிப்பு எனவும் ஒரு வினாடிக்கு $7\frac{1}{2}$—14 சைகிள் வரையான துடிப்புகள் ஆல்பா துடிப்பு எனவும் வினாடிக்கு 14 சைகிளுக்கு மேற்பட்டவை பீட்டா துடிப்பு எனவும் சொல்லப்படும். வயது, நனவுநிலை, மூளையின் இயல்பு ஆகியவற்றைப் பொறுத்து மூளையின் மின் துடிப்புகள் மாறுபடும். மூளையின் அலைகளைப் பதிவு செய்யும்போது இத்தன்மைகளைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். நன்கு வளர்ச்சியடைந்த ஒருவர் ஓய்வாக விழித்திருக்கும்போது ஆல்பாத் துடிப்புகள் இயல்பான இயக்க நிலையிலிருக்கும். மூளையின் கீழ்ப் பகுதிகளில் தெளிவாகவும் முன்பகுதிக்கு வரவர அழுத்த நிலையில் குறைந்தும் இருக்கும். குழந்தை பிறக்கும்போது அதன் அலைகள் மெதுவாகவே இயங்கும். வளர வளரத் துடிப்புகளின் வேகம் அதிகமாகும். சுமார் 12—15 ஆண்டுகளில் இயல்பான ஆல்பாத் துடிப்புகள் ஏற்படும். உறக்கம், சில குழந்தை நோய்கள், இளம்பிள்ளைவாதம் போன்றவை மூளையின் அலைகளை மாற்றக் கூடும். இளம்பிள்ளைவாதம், மூளைக் கட்டிகள், வேறு சில நோய்கள் ஆகியவற்றை கண்டுபிடிக்கவும் இக்கருவி பயன்படுகிறது. தவிர மூளையின் வெவ்வேறு பகுதிகளின் இயல்பான வேலைகளையும், பலவகைத் தூண்டல்களை ஏற்று அவை எவ்வாறு துலங்குகின்றன (Respond) என்பதையும் அறிய இக்கருவி பயன்படுகிறது.

NORMAL EEG



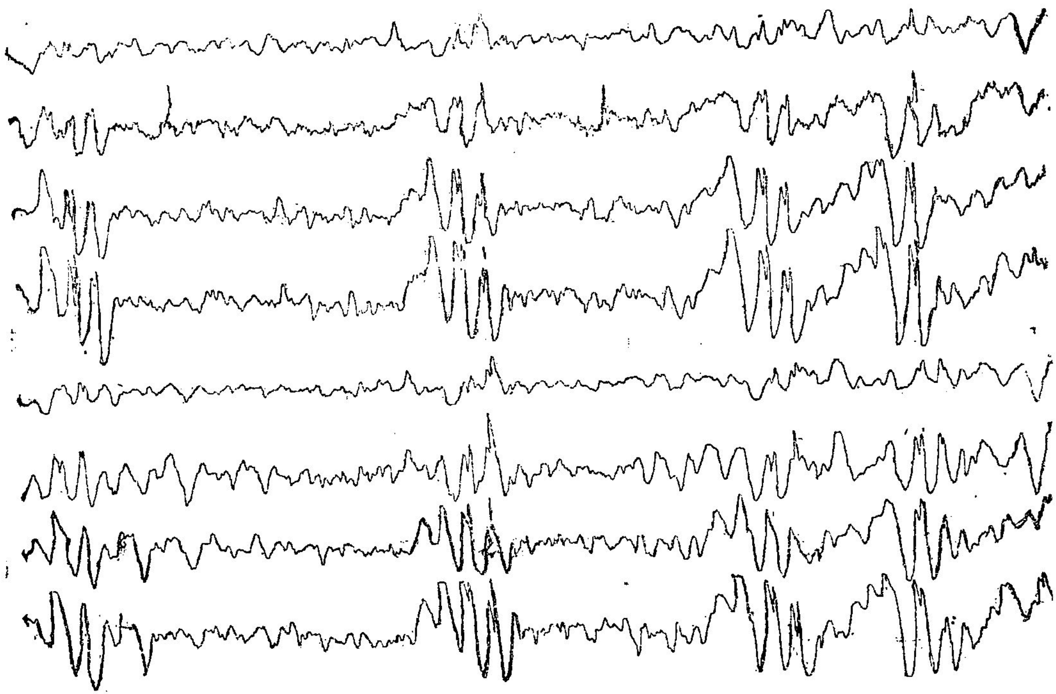
படம் 118B

TYPICAL MYOCLONIC EPILEPSY



படம் 118C

TYPICAL MYOCLONIC EPILEPSY



படம் 118D

மேலே காணப்படும் படங்களில் முதலாவது (படம் 118B) ஓர் ஆரோக்கியமான மூளையிலிருந்து பெறப்பட்ட அதிர்வுகளையும், மற்ற இரண்டும (படங்கள் 118C, 118D) வலிப்பு நோய் உடையவரின் மூளையிலிருந்து பெறப்பட்ட அதிர்வுகளையும் காட்டுகின்றன.

26. மின்சாரமும் உயிரிகளும்

மின்சார விலங்குகள்

சிலவகை மீன்களிலும், குருத்தெலும்பு மீன்களிலும் (Elasmo branch) ஒரு தனியான மின்சார உறுப்பு உள்ளது. அது ஒரு ஆயுதமாகப் பயன்படுத்தப்படும் அளவிற்கு மின்சாரத்தை உண்டாக்குகிறது. இந்த உறுப்புகள் உருமாற்றமடைந்த (Metamorphized) தசை நார்களால் ஆனவை. ஆப்பிரிக்கப் பூனை மீனில் (Catfish) இத்தகைய உறுப்பு உடலின் மேல் ஒட்டி விருந்து வளர்ந்துள்ளது. மின்சார ஈல், 500 வோல்ட்டுகள் உள்ள 80 மில்லி ஆம்பியர்கள் வரை மின்னோட்டத்தை உண்டாக்குகிறது. எலக்ட்ரிக் டார்பிடோவில் 230 வோல்ட்களில் 10 ஆம்பியர் வரை மின்னோட்டம் உண்டாக்கப் படுகிறது.

இந்த மின்னோட்டங்கள் அலை போன்றவை. மின்சார உறுப்பின் வழியாக 900–2500 மீட்டர்/வினாடி போன்ற வேகங்களில் பரவுகின்றன.

மற்ற பல மிருகங்களில் குறைந்த அளவு மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. சில விலங்குகளில் இத்தகைய உறுப்புகள் உடலின் பருமத்தில் 40% வரை அடைத்துக் கொள்கின்றன.

மின்சார உறுப்புகள் விலங்கின் மைய நரம்பு மண்டலத்தினால் இயக்கப்பட்டு மின்னிறக்கம் செய்கின்றன. ஏராளமான சிறு மின்னழுத்தத் தோற்றுவாய்கள் தொடராக இணைக்கப் பட்டிருப்பதால் உயர்ந்த மின்னழுத்தமும் இத்தகைய பல தொடர்கள் பக்கவாட்டிலிணைக்கப்பட்டிருப்பதால் உயர்ந்த மின்னோட்டமும் ஏற்படுகின்றன.

விலங்குகளின் மேல் மின்சாரத்தின் விளைவுகள்

மின்சாரத்தினால் ஏற்படும் விளைவுகள் மின்னோட்டத்தின் அளவைப் பொறுத்ததேயன்றி குறிப்பாக மின்னழுத்தத்தைப்

பொறுத்ததல்ல என ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டிருக்கிறது. உடலின் ஒரு பகுதி வழியாகச் செல்லக்கூடிய மின்னேட்டத்தின் அளவு, அப் பகுதியின் மின் தடைக்குத் தலைகீழ் விகிதத்திலும் அப்பகுதியின்மேல் செலுத்தப்படுகின்ற மின்னழுத்தத்திற்கு நேர் விகிதத்திலும் அமைகிறது. பெரும்பாலான மின்சார விபத்துக்களில் மின்னழுத்தத் தோற்றுவாயும் உடலும் சரிவரத் தொட்டுக் கொள்வதில்லை என்பதும் தொடுகை மின் தடை (Contact Resistance) மின்னேட்டத்தைப் பெரிதும் குறைத்து விடுகிறது என்பதும் குறிப்பிடத்தக்கது. இத் தொடுகை மின் தடை உடலுடன் தொடரிணைக்கப்பட்டுள்ளதால் உடலில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி மொத்த மின்னழுத்த வீழ்ச்சியில் ஒரு பின்னமே. ஒரு மனிதன் ஈரமான தரையில் நின்றுகொண்டிருக்கும்போது பூமியுடன் தொடுகை மின் தடை மிகக் குறைவாயிருக்கும். அவன் மேலேயுள்ள ஒரு மின்னழுத்தத் தோற்றுவாயை இறுகப்பற்றுவானாயின் கணிசமான மின்னேட்டம் அவன் உடல் வழியே பாய்ந்து, சிறிய மின்னழுத்தங்களுக்குக் கூட சேதமும் மரணமும் ஏற்பட்டு விடலாம்.

தொடுகை மின் தடை, உயர்ந்ததாயும் மின்னழுத்தம் கணிசமான மின்னேட்டத்தைச் செலுத்தும் வலுவுள்ளதாயும் இருக்கும்போது, தொடு புள்ளிகளில் ஏற்படும் ஏராளமான வெப்பம் சூடுகளை ஏற்படுத்திவிடும். தொடுகின்ற பரப்பு சிறியதாயிருந்தால், குறைந்த மின்னேட்டங்கள்கூட சூடுகளை உண்டாக்கும்.

வீடுகளில் பயன்படுத்தும் 60 சைகிள்/வினாடி அதிர்வெண்ணுள்ள மாறுமின்னேட்டங்களுக்கு (AC) உடலின் மின் எதிர்ப்பு மிகக் குறைவு. எனவே, இந்த அதிர்வெண்ணுள்ள மின்னேட்டம் அபாயம் விளைவிக்கும்.

மின் முனைகள் தொடும் புள்ளிகளுக்கருகில் மின்னேட்ட அடர்த்தி (Current Density) அதிகமாயிருக்கும். எனவே, மைய நரம்பு மண்டலத்திற்கும், மூளைக்கும், தண்டுவடத்திற்கும் அருகில் மின்னேட்டம் தாக்கினால் அதிக அளவு சேதமேற்படும்.

மூளை வழியாகப் போதுமான மின்னேட்டம் பாய்ந்தால் மயக்கமேற்படும். இது உடனடியாக ஏற்படலாம். அல்லது சில நிமிஷங்களுக்குப் பின்னர் ஏற்படலாம். மண்டைக்குக் குறுக்கே 70—150 வோல்ட்களில் 300—1200 மில்லி ஆம்பியர் மின்னேட்டத்தை 0·1—0·5 வினாடிகளுக்குச் செலுத்தினால் உடனடியாக நினைவு போய் காக்கை வலிப்பு (Epilepsy) போன்ற வலிப்புகள் ஏற்படுகின்றன.

மின்னதிர்ச்சி வைத்தியத்திற்கு இத்தகைய மின்னோட்டங்கள் பயன்படுகின்றன. இவை மைய நரம்பு மண்டலத்தின் செயல் முறையில் கணிசமான மாற்றம் ஏற்படுத்துவதாகக் கருதப்படுகின்றன. இவற்றைவிட அதிகமான மின்னோட்டங்கள் மைய நரம்பு மண்டலத்தை, தற்காலிகமாகவோ நிரந்தரமாகவோ சேதப்படுத்தி விடுகின்றன. மறதியும் விழித்திரை, காது ஆகியவை சேதப்பட்டு பார்வைக் கோளாறும் செவிட்டுத் தன்மையும் ஏற்படலாம்.

இதயம் அல்லது நுரையீரல் இயக்கம் பாதிக்கப்படும்போது மரணம் ஏற்படுகிறது. இதயத்தின் வழியாக உயர்ந்த மின்னோட்டம் பாய்ந்தால் இதய கீழறை தூண்டப்பட்டு (Ventricular Stimulation) அல்லது இதயக் குழாய் (Cardio-Vascular) மையங்கள் தூண்டப்படுவதாலும் இதயம் நின்று விடுகிறது. இதய (Coronary) இரத்தக் குழாய்கள் திடீரென்று சுருங்குவதாலும் இதயம் நின்றுவிடக்கூடும். மூளை, தண்டுவடம் ஆகியவற்றில் மின்னோட்டம் பாயும்போது நரம்புகள் சேதமடைந்து விடுகின்றன. திசுக்கள் கிழிந்து விடுகின்றன.

இதயத்தை இழை அழற்சி அடையச் செய்வதற்கு உடலின் வழியாகச் செலுத்தவேண்டிய மின்னோட்டம் உடலின் அளவையும் இதயத்தின் அளவையும் பொறுத்தது. இதயம் இழை அழற்சி அடைய அதன் சுருக்கத்தின் (Systole) இறுதிக் கணத்தில் மின்சாரத்தைச் செலுத்த வேண்டும்.

மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து திசுவின் மின் எதிர்ப்பு மாறுவதால், மாறு மின்னோட்டங்களின் இழை அழற்சி உண்டாக்கும் தன்மையும் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்திருக்கிறது. மனிதனுக்கு 60 சைகிள்/விநாடி எனும் அதிர்வெண் பெரும் அபாயமுள்ளது. இழை அழற்சி அடைந்த இதயத்தில் தக்கபடி மின் அதிர்ச்சியை உண்டாக்கி இதயத் துடிப்பை செப்பம் செய்யலாம். ஆனால், இது மிகவும் சிக்கல் நிறைந்த சிகிச்சை. இதற்கு மார்பைத் திறந்து நேரடியாக இதயத்தில் மின்சாரத்தைச் செலுத்த வேண்டும். இதயக் கீழறை இழை அழற்சி துவங்கிய சில விநாடிகளுக்குள் இதைச் செய்யாவிடில் பயனில்லை.

மாறு மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் மிக அதிகமாயிருந்தால் அது உயிர்த் திசுவைத் தூண்ட முடிவதில்லை. ஆகவே, இத்தகைய மின்னோட்டங்களால் திசுக்களின் நிலைமின் பண்புகளே பாதிக்கப்படுகின்றன. திசுக்கள் சூடாக்கப்படுகின்றன.

சிற்றலை மின் ஒத்தடம் (Diathermy) எனும் செயலில் திசுவின் வழியாக மின்னூற்றல் மின்காந்த அலை வடிவில் செலுத்தப்படுகிறது. 13·66, 27·32, 40·98, மெகா சைகிள் அலைகளே பயன்படுத்தப்படும். மின்வாய்ப் பட்டைகளைத் தோலின்மீது வைத்துப் பொறுத்தி மின் அலைகள் செலுத்தப்படும். கம்பிச் சுருள்களை உடலில் சுற்றியும், தோலுக்கும், மின்வாய்ப் பட்டைக்கும் இடையில் ஒரு மின் கடத்தாப் படலத்தை (காற்று) அமைத்தும் வெப்பமூட்டுதலை ஏற்படுத்தலாம். R மின்தடையுள்ள கம்பியில் செலவழிக்கப்பட்ட திறன் P = மின்னழுத்தம் × மின்னோட்டம்,

$$\text{அதாவது } P = I \times V = I^2 \times R$$

$$t \text{ விநாடிகளில் ஏற்படும் வெப்பம் } W = Pt = IVt = I^2Rt$$

மின்னழுத்தத்தை வோல்ட்களிலும், மின்னோட்டத்தை ஆம்பியர்களிலும், நேரத்தை விநாடிகளிலும் அளக்கும்போது வெப்பம் ஜூல்களில் அளக்கப்படுகிறது. ஒரு கிலோவாட் மணி அளவுள்ள மின்திறன் $3 \cdot 6 \times 10^6$ ஜூல்களுக்குச் சமம். ஒரு கிலோ கலோரி 4186 ஜூல்களுக்குச் சமம்.

உயிர்த் திசுக்கள் ஒருபடித்தானவை அல்லவாதலால் நன்கு கடத்தக்கூடிய திசுவிலேயே அதிக அளவில் சூடேற்றப்படுகிறது. தசை போன்ற குழாய்த் திசுக்கள் கொழுப்புத் திசுக்களைவிட அதிகம் சூடாகின்றன. இவ்வாறு உடலின் ஒரு பகுதி சூடாகும்போது இரத்தம் அப் பகுதிகளுக்கு அதிகம் பாய்ந்து வெப்பத்தைப் பரவலாக்கி குளிர்ச்சி ஏற்படுத்துகிறது. எனவே, அப் பகுதியில் ஏற்படும் வெப்பம் மின்னோட்டத்தோடு இரத்த ஓட்டத்தினால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்பையும் பொறுத்துள்ளது.

ஒரு மில்லி மீட்டரிலிருந்து ஒரு மீட்டர் வரை அலை நீளமுள்ள மைக்ரோ அலைகளைப் பயன்படுத்தியும் மின் ஒத்தடம் கொடுக்கப்படுகிறது. அவை கீழ்ச் சிவப்புக் கதிர்களை ஒத்திருப்பதாலும், அலை நீளம் குறைவாயுள்ளதாலும் சில சிறப்புகளைப் பெற்றிருக்கின்றன. இக் கதிர்களைத் தக்க கருவிகளின் உதவியால் பிரதிபலிக்கவும், ஒளி விலக்கவும், விளிம்பு விலக்கமேற்படுத்தவும் முடியும். கீழ்ச் சிவப்புக் கதிர்களைவிட இவை அதிகமாக ஊடுருவக் கூடியவை. மைக்ரோ அலை ஒத்தடத்தின்போதும் சூடாக்கப்பட்ட பகுதிகளில் இரத்த ஓட்டம் அதிகரிக்கிறது. இத்தகைய சிகிச்சைகளின்போது திசுக்கள் அளவுக்கு மீறிச் சூடாவதைத் தடுப்பதில் கவனமாக இருக்க வேண்டும்.

சிற்றலைகளைவிட மைக்ரோ அலைகளைப் பயன்படுத்துவது எளிதானது. இடையில் துணிகள் போன்ற தடுப்புகள் இன்றி நேரடியாகத் தோலில் செலுத்தலாம். வியர்வைத் துளிகள் தோன்றுவதால் சூட்டுப் புண்கள் ஏற்படாது. கதிர்களின் அளவை எளிதாகக் கட்டுப்படுத்தலாம். கண்கள் போன்ற சிறிய பகுதிகளுக்குக்கூட சிகிச்சையளிக்க முடிகிறது. மின் ஒத்தடம் எலும்பில் ஏற்படும் வீக்கம் போன்ற கோளாறுகளுக்கும் எலும்பு வளர்ச்சிக் கோளாறுகளுக்கும், வயிற்று உள் உறுப்புப் (Visceral) பள்ளத்தில் மென்மையான பகுதிகளிலேற்படும் கோளாறுகளுக்கும், மெட்ரிடிஸ் (Metritis), பாராமெட்ரிடிஸ் (Parametritis) போன்ற பெண்களுக்கு வரும் நோய்களுக்கும் மின் ஒத்தடம் ஏற்றது.

மூச்சுக்குழாய் அழற்சி (Bronchitis), நுரையீரல் சவ்வு நோய் (Pleurisy) போன்ற நோய்களால் ஏற்படும் வலியை ஓரளவோ அல்லது முழுமையாகவோ குணப்படுத்த முடிகிறது. நியூரிடிஸ், நியூரால்ஜியா, குனேரியா போன்ற வியாதிகளுக்கும் மின் ஒத்தடம் பயனளிக்கிறது. கடுமையான வீக்கங்கள், இரத்த ஒழுக்கு நிலைகள், வளர்நிலை ட்யூமர்கள் (Malignant Tumours), இரத்தம் வரண்ட (Ischenic) பரப்புகள் ஆகியவை உள்ளபோது வெப்ப ஒத்தடம் கொடுக்கக்கூடாது. நீர்கோத்த பகுதிகள் வீக்கமடைந்த மூட்டுகள், சீழ்பிடித்த பகுதி, சிறுநீர்ப்பை, கண்கள் ஆகியவற்றில் ஒத்தடம் கொடுக்கும்போது கவனமாக இருக்கவேண்டும். எலும்பு புடைத்து வீங்கியிருத்தல், இரத்த ஓட்டம் தடங்கலாயிருத்தல், உணர்வு அற்றிருத்தல் போன்ற நிலைகளிலுள்ள பகுதிகளில் ஒத்தடம் கொடுப்பதைத் தவிர்க்க வேண்டும்.

கண்களுக்கருகில் நீண்ட நேரம் மின்ஒத்தடம் கொடுத்தால் விழிலென்சு வீக்கமடைந்து காடராக்ட் ஏற்பட்டுவிடும். மைக்ரோ அலைகளைச் சிறிய அளவில் பயன்படுத்திக் கண்களில் ஏற்படும் நிறமிச் சிதைவு (Macular degeneration) விழிக்குப் பின்புறத்தில் நரம்புவீக்கம் (Retrobulbar Neuritis) சென்ட்ரல் சீரஸ் விழித்திரை நோய் (Central Serous Retinopathy) கண்ணில் இரத்தக் கட்டி, இரத்தப் பெருக்கு, அறுவைக்குப் பின்னர் சிலியறைப் பகுதியில் ஏற்படும் வீக்கம் (uveitis) போன்ற நோய்களைத் தீர்க்கலாம்.

சேதமடைந்த தசைகளையும், நரம்பு செல்களையும் சோதிப்பதற்கு எலக்ட்ரோமயோக்ரபி (Electromyography) எனும் முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. தசைகளில் ஊசி மின்வாய்களை

வைத்து மின்னழுத்தத்தை காதோட் கதிர் அலைவு காட்டி அல்லது வரைபட முறையில் அளக்கப்படும். நரம்பு செல்கள் சேதமடைந்த நிலைகளில் தசைகளின் உணர்ச்சியூட்டப்படக் கூடிய அளவுகளை அளக்க மின்சார நோய் கண்டுபிடிப்பு முறைகள் உள்ளன. இவற்றைப் பயன்படுத்தி நரம்பு நிபுணர்களும், வைத்தியர்களும் நோய் சிகிச்சை முறைகளைத் திட்டமிடுகிறார்கள்.

மின் சிகிச்சை (Electrotherapy)

உடலின் மின்னோட்டத்தின் விளைவுகள், சம்பந்தப்பட்ட பகுதிகளில் மின்னோட்டத்தின் செறிவைப் பொறுத்தவை. பெரிய பரப்பில் ஒரு மின்னோட்டத்தைச் செலுத்துவதைவிட குறைந்த பரப்பில் அதே மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தினால் அதிகப் பயன் கிடைக்கிறது. சீரான மின்னோட்டம் தசையைச் சுருங்கத் தூண்டுவதில்லை. வேகமாக மாறும் மின்னோட்டமே தசையைச் சுருங்கத் தூண்டுகிறது. தோல் வழியாக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தும்போது நாளங்கள் விரிவடைகின்றன. ஆகவே, இது எரிச்சலைத் தடுப்பதற்குப் பயன்படுகிறது.

பல ரசாயனப் பொருள்கள் மின்னேற்றமுள்ளவை. அவற்றை மின்னோட்டப் பாதையில் வைத்தால் அவை தமது மின்னேற்றத்திற்கேற்றபடி எதிரின அல்லது நேரின முனைகளை நோக்கி நகர்கின்றன. இவ்வாறு அவற்றைத் திசுக்களுக்குள் ஊடுருவச் செய்யலாம். இது அயான்டோ போரிசிஸ் (Iontophoresis) எனப்படுகிறது. இவ்வாறு கூழ்நிலைப் பொருள்கள், கொழுப்புத் துளிகள் ஆகியவற்றையும் எதிர் முனையை நோக்கி நகரச் செய்யலாம். இது கேடாஃபோரிசிஸ் (Cataphoresis) எனப்படும். ஒரு மின்னேற்றப்பட்ட சவ்வின் வழியாக மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தினால் சவ்வின் வழியாக நீர் எளிதாகப் பரவுகிறது. இது மின் சவ்வூடு பரவல் (Electro Osmosis) எனப்படும். இவற்றை மொத்தமாக எலக்ட்ரோஃபோரிசிஸ் (Electrophoresis) என அழைக்கலாம். அயன்டோஃபோரிசிஸ் முறையினால் மருந்துப் பொருள்களை தேவைப்படும் திசுப் பகுதிகளுக்குள் விரைந்து செலுத்த முடிகிறது.

வலுவான நேர் மின்னோட்டங்களைச் செலுத்தும்போது நேரின முனையில் திசுக்கள் கெட்டியாகவும் எதிரின முனையில் மென்மையாயும் ஆகிவிடுகின்றன. அறுவை சிகிச்சைகளின் போது திசுக்களைக் கெட்டிப்படுத்தவும், தழும்புகளை நீக்கவும் இம்முறை பயன்படுகிறது. வேண்டாத மயிரை நீக்குகின்ற மின்பகு முறையில் எதிரின மின்வாயாக ஓர் ஊசியைப் பயன்

படுத்தி மயிரின் வேரை அழித்து விடலாம். காரப் பொருள்கள் எதிரின முனையில் சேர்ந்து அவ்விடத்தை மென்மைப் படுத்தி விடுகின்றன.

குறைந்த அதிர்வெண்ணுள்ள மின்னேட்டத்தைப் பயன் படுத்தித் தசைகளைத் தூண்டிவிடுவதன் மூலம்: (1) வெளிப்புற நரம்புகள் (peripheral nerves) சேதப்பட்டபோது அவை சிதைந்து அழிவதையும், (2) பக்கவாதம் (Hemiplegia) தண்டு வட வீக்கம் (Myelitis) அல்லது மேல்புற இயக்க நரம்பு செல் களின் (Motor Neurons) சேதப்பட்ட பகுதிகள் தளர்ந்து போகாமல் சீர்படுத்தவும், (3) அடிவயிற்றுச் சுவற்றை உறுதிப் படுத்தி வலுவூட்டவும், (4) காயம் (Traumatic) அடைந்து சேதப் பட்ட பகுதிகள் சிதைந்தழியாமல் தடுப்பதற்கும், (5) இதயக் குழாயின் கோளாறுகளின்போது தசைக்கு வலுவூட்டவும், (6) புதிதாய்ப் பிறந்த சிசுவிற்கு மூச்சுத் திணறல் ஏற்பட்டால் குணப்படுத்தவும், (7) சிலவகை தசை வலிப்புகளிலிருந்து நிவாரணம் பெறவும், (8) ஹிஸ்டீரியா நோயின்போது கடுமை யான வலியேற்படுத்தும் சுருக்கங்களை ஏற்படுத்தவும், (9) விபத் தில் சேதப்பட்டுச் செயலற்றுப் போய்த் தேறிய தசைகளை மீண்டும் பழக்கப் படுத்தவும் செய்யலாம்.

ஆனாலும், நரம்புச் சிதைவின் (Denervation) போது க்ஷீணத் தைத் தடுப்பதில் தசைத் தூண்டலின் பயனைப் பற்றிக் கருத்து வேற்றுமை இருந்து வருகிறது. பெரும்பாலான நிபுணர்கள் ஏதாவது ஒரு மின்னேட்டத்தைப் பயன்படுத்திக் கடுமையான சுருக்கங்களை விரைவாக ஏற்படுத்துவதனுல் க்ஷீணத்தைத் திறம்படத் தடுக்கலாம் எனக் கருதுகிறுர்கள். லேசான சுருக் கங்கள் பயனளிப்பதில்லை. நோயின் தன்மைக்குத் தக்கபடி மின்னேட்டம் செலுத்தப்படவேண்டிய நேரம், எவ்வளவு முறைகள் செலுத்தப்பட வேண்டும், ஒவ்வொரு முறையிலும் சுருக்கங்களின் எண்ணிக்கை ஆகியவை நிர்ணயிக்கப்படும். ஆனுல், கடுமையான சுருக்கங்களை நிறைய ஏற்படுத்தும் குறிகிய கால சிகிச்சை பெரிதும் விரும்பப்படுகிறது. ஒரு சாதாரண மான தசையை அமைக்கக் கணிசமான பயிற்சி செய்ய வேண்டும். அதே அளவு பயிற்சி க்ஷீணத்தைத் தடுக்கவும் தேவைப்படுகிறது.

நடைமுறையில் ஒரு அலைவடிவ மின்னேட்டமும் சதுர அலை வடிவ மின்னேட்டமும் நோயாளிகளுக்குச் சௌகரியமாகத் தூண்டலை அளித்து வலுவான சுருக்கங்களை ஏற்படுத்தும்.

சாதாரணமாக நரம்புத் தூண்டல் உள்ள தசைகளுக்கு 40–80 சைகிள்/வினடி அதிர்வெண்ணும் நரம்பு சிதைவேற்பட்ட தசைகளுக்கு 10–20 சைகிள்/வினடி அதிர்வெண்களும் ஏற்றவை என சிபாரிசு செய்யப்படுகிறது. சமீபத்தில் உருவாக்கப்பட்ட கருவிகளில் அலைவடிவ மின்னேட்டத் துடிப்புகள் (Pulses) தொடர்ச்சியாக வெளிவிடப் படுகின்றன. அவற்றை தக்கபடி ஒடுக்கி துவக்கத் துடிப்பு மட்டுமே தூண்டலை ஏற்படுத்தக் கூடியதாகச் செய்யப்படுகிறது. இவை உயிர் மின்னழுத்தமும் தாழ்ந்த மின்னேட்டமும் உள்ள துடிப்புகள். அவை நோயாளிக்கு அனுவசியமான தொந்தரவு கொடுக்காமல் நரம்புத் தூண்டல் உள்ள தசைகளைத் திறம்படத் தூண்டி விடுகின்றன. இவைகளுக்கு, தசை வீக்கம் (myositics) ஆகியவற்றிற்கும் செயலற்றுப் போன மூட்டுகளைப் பராமரிப்பதற்கும் இக் கருவிகள் பயன்படுகின்றன. இவை நரம்புச் சிதைவு ஏற்பட்ட தசைகளைத் தூண்டப் பயன்படாதாகையால் இக் கருவிகள் தசை நோய்களை இனம் காணவும் பயன் படுகின்றன.

27. உயிர் மின்னணுவியல்

உலகில் உயிர்கள் தோன்றிச் சுமார் 2000 மில்லியன் ஆண்டுகள் ஆகின்றன. பருவங்களும் சூழ்நிலைகளும் மாறிக் கொண்டே இருந்திருக்கின்ற சூழ்நிலையில் உயிர்களும் தமது வாழ்க்கை முறைகளையும், உருவ, உடல் அமைப்புகளையும் மாற்றிக் கொண்டே வந்துள்ளன. ஒவ்வோர் உறுப்பும் ஒவ்வொரு வடிவமும் சூழ்நிலைக்கேற்றவாறு கூட்டியோ குறைத்தோ செம்மைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இயற்கையன்னை தனது மகத்தான சோதனைச் சாலையில் இடைவிடாது ஆராய்ச்சி செய்து வந்திருக்கிருள் என்பதை ஒவ்வோர் உயிரின் உடலமைப்பிலும் காணலாம். சில தனி வகையான தேவைகளுக்கேற்றபடி விசேஷமான உறுப்புகளை வெற்றிகரமாக இயற்கை தோற்றுவித்திருப்பதைப் பார்க்கும்போது உவகையும் வியப்பும் மேலிடுகின்றன. இத்தகைய உறுப்புகளை ஆராய்ந்து அவற்றை மனித இனத்தின் நலத்திற்காகப் பயன்படுத்த, ஒரு புதிய துறை உருவாகியிருக்கிறது. உயிரியலையும் (Biology) மின்னணுவியலையும் (Electronics) ஒருங்கிணைத்த இத் துறை உயிர் மின்னணுவியல் (Bionics) என 1960-ம் ஆண்டிலிருந்து அழைக்கப்பட்டு வருகிறது. இது பிராணிகளை ஆராய்ந்து பொறியியல் துறையில் பயன்படுத்தக் கூடிய தத்துவங்களைக் கண்டெடுத்து மனித முன்னேற்றத்திற்காகச் செயலில் கொண்டுவரும் முயற்சியாகும். ஏனெனில், மனிதன் இதுவரை கண்டுபிடித்து உருவாக்கியுள்ள சாதனங்களையெல்லாம் இயற்கை பிராணிகளில் ஏதாவது ஒரு இடத்தில் மிகச் செம்மையாகவும் வெற்றிகரமாகவும் அமைத்து வைத்திருக்கிறது.

உதாரணமாகக் கண்களை எடுத்துக்கொள்வோம். மனிதனுல் இதுவரை உருவாக்கப்பட்டுள்ள மிகச் சிறந்த புகைப்படப் பெட்டிகூட ஒரு சிறிய உயிரியின் கண்ணேடு ஒப்பிடப்படக் கூடியதல்ல. பிராணிகளின் கண்கள் ஒவ்வொரு விசேஷமான சூழ்நிலைக்கும் தேவைக்கும் ஏற்றவகையில் அமைந்துள்ளன.

தவளையை எடுத்துக் கொண்டால் அதன் கண், அதன் நாக்கு எட்டக் கூடிய தொலைவிற்குள் வருகின்ற பூச்சிகளை மட்டுமே பார்க்கக் கூடியதாக உள்ளது. தவளை உயிரோடுள்ள பூச்சிகளை மட்டுமே சாப்பிடும். அதனால் அருகில் பறக்கிற அல்லது நகர் கின்றவற்றை மட்டுமே தவளையின் கண் உடனடியாகக் கண்டு பிடித்துவிடுகிறது. தவளையைச் சுற்றி, நகரமுடியாத அல்லது செத்துப்போன பூச்சிகள் எவ்வளவு கிடந்தாலும் தவளைக்கு அது புலப்படாது. ஏனெனில் அதன் கண், தான் பார்க்கின்றதை யெல்லாம் மூளைக்குத் தெரிவிப்பதில்லை. தவளைக்குத் தேவைப்படு கின்ற உணவுப் பொருள்களை மட்டுமே அது பதிவு செய்கிறது. அதேபோல விரோதிகளையும் இனம் கண்டுகொண்டு எச்சரிக்கை செய்துவிட்டு, மற்ற அபாயம் விளைவிக்காத உருவங்களை அசட்டை செய்துவிடுகிறது. தவளையின் கண்ணின் அமைப்புத் தத்துவத்தைப் புரிந்துகொள்ள முடியுமானால் அதைப் பாது காப்பு, விண்வெளி ஆராய்ச்சி முதலிய துறைகளில் எண்ணற்ற வகைகளில் பயன்படுத்தமுடியும். ஏவுகணைகளில் இத்தகைய ஒரு 'கண்ணை'ப் பொறுத்தினால் அது நட்பு விமானங்களி லிருந்து எதிரி விமானங்களைப் பிரித்துணரும் சக்தி உள்ளதா யிருக்கும். தற்போதைய ராடார் பாதுகாப்பு முன்னெச்சரிக்கைச் சாதனங்கள் ஏராளமான — தேவையற்ற — எறிகற்கள், மேகங் கள், பறவைக் கூட்டங்கள், போக்குவரத்து விமானங்கள் போன்றவற்றைப்பற்றிய — தகவல்களையும் சேர்த்துப் பதிவு செய்துவிடுகின்றன. இதனால் பெரும் குழப்பம் ஏற்படுகிறது. விமானக் கூடங்களில் போக்குவரத்து அளவுக்கு மீறிப் பெருகி விட்ட இந்நாளில், ராடார் கருவிகளைத் திறமையாகச் செயல்பட வைக்கத் தவளைக் கண் அமைப்புகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இவை தானாகவே செயல்பட்டு விமானப் போக்குவரத்தைக் கண்காணிக்கின்றன.

இயற்கையில் இது போன்ற வியத்தகு சாதனங்கள் ஏராள மாக உள்ளன. வௌவாலின் திசையறிந்து பறக்கும் தனித் திறமை மனிதனால் உருவாக்கப்பட்டுள்ள ராடார் சாதனங்களைத் தலை குனிய வைக்கிறது. அது கேளா ஒலிக் கீச்சுகளைப் பரப்பிச் சுற்றியுள்ள பொருள்களின்மேல் மோதச் செய்து திறமையாக வழிகண்டு பறக்கிறது. அதன் கண்களைக் கட்டிவிட்டு இருட்டில் பறக்கவிட்டால்கூட நெருக்கமான மரத் தோப்புகளின் ஊடே யும் கம்பி வலைகளின் வழியாகவும்கூடத் தடங்கலின்றிப் பறந்து உலாவுகிறது.

ராட்டில் பாம்பு இரவில் இரை தேட அதன் தலையில் அமைந் துள்ள உணர் உறுப்புகளைப் பயன்படுத்துகிறது. வெப்ப இரத்தப்

பிராணிகளிடமிருந்து பரவும் கீழ்ச் சிவப்புக் கதிர்களை அந்த உறுப்புகள் உணரக் கூடியவை. அவை வெப்ப நிலையில் ஏற்படுகின்ற மிகச் சிறிய மாற்றத்தை—ஒரு டிகிரியில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு மாற்றத்தைக்கூட — உணரும் ஆற்றலுள்ளவை. அமெரிக்கர்கள் தமது சைட்வைண்டர் ஏவு கணைகளிலும், மைதாஸ் துணைக் கோள்களிலும் இவற்றையொத்த சாதனங்களைப் பொருத்தி உலகின் எந்த ஒரு பகுதியிலும் ஏற்படுகின்ற அணு வெடிப்பு, ராக்கெட் செலுத்தல் போன்றவற்றைத் துப்பறிந்து விடுகிறார்கள்.

நமது வானொலிப் பெட்டிகளில் ஸ்டாட்டிக், வளி மண்டல ஒலி ஆகியவற்றால் ஏற்படும் இடையூறுகளை நாம் அறிவோம். இவை செய்தித் தொடர்பு அமைப்புகளில் மிகுந்த சிரமத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. இவற்றைத் தவிர்ப்பதில் கொசு நமக்கு வழிகாட்டுகின்றது. கொசுக்கள் தமது சிறகுகளை அதிர்வுசெய்து எந்த வெளி ஓசையாலும் பாதிக்கப்படாத ஒரு ரீங்காரத்தை வெளியிட்டு மற்ற கொசுக்களுடன் தொடர்பு கொள்கின்றன. இடியோசை, வாகனங்களின் சந்தடி, சங்கொலிகள் போன்றவற்றால்கூட பாதிக்கப்படாமல் இந்த ரீங்காரம், ஏறத்தாழ 150 அடி தொலைவிலுள்ள கொசுவைக்கூட எட்டுகிறது. அதேபோல விட்டில் பூச்சி (Moth) தனது அடிவயிற்றிலுள்ள காதுகளால் கேளா ஒலியைக் கேட்கிறது. அவற்றில் ஒரு மின்வாயையும் ஒலிபெருக்குக் கருவியையும் இணைத்து அந்த ஒலியைப் பதிவு செய்ய முடிகிறது. ஆனால், மிகச் சிறந்த மைக்குகள்கூட அந்த ஒலியைக் கேட்க முடியவில்லை.

இத்தகைய சாதனங்களை உருவாக்குவது சாத்தியமே. ஏனெனில், எல்லா உயிர்களும் மின்சார அமைப்புகளே. அவற்றின் உணர்வு உறுப்புகள் எல்லாம் ஆற்றல் மாற்றிகளே (Transducers). அவை மைக், டெலிவிஷன், காமிரா, கிராமபோன் போன்று ஒருவகை ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றுகின்றன. மைக் ஒலியை மின்னாற்றலாக மாற்றி ஒலி பெருக்கிக்கு அனுப்புகிறது. அங்கு மின்னாற்றல் மீண்டும் ஒலியாக மாற்றப்படுகிறது. அதேபோலக் காதிலிருக்கும் நரம்பு செல்கள் ஒரு ஒலியை மின் துடிப்புகளாக மாற்றி நரம்புகள் வழியாக மூளைக்கு அனுப்புகின்றன. மூளை அவற்றைப் பகுப்பாய்வு செய்து மற்ற அவயங்களுக்குத் தேவையான உத்தரவுகளை இடுகிறது. எங்கிருந்தோ ஒரு பெண்ணின் அவலக்குரல் கேட்டால், அக்குரல்கேட்ட இடத்தை நோக்கி ஓடுமாறு கால்களுக்குச் செய்தி வருகிறது. அதுவும்

மின் துடிப்பு உருவிலேயே வருகிறது. கால்களில் மின்துடிப்பு சதையாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. இவ்வாறு உயிரி அமைப்புகளுக்கும் மின்னணு அமைப்புகளுக்கும் இடையிலுள்ள ஒற்றுமைகளை நடைமுறையில் பயன்படுத்தி மனிதனுக்கு உதவுமாறு செய்வதில் உயிரியலார், இயற்பியலார், எலக்ட்ரானிக்கியலார், கணக்கியலார், பொறியியலார் ஆகியோர் இணைந்து முனைந்துள்ளனர். தொழில் துறையிலும் சோதனைச் சாலைகளிலும் பல்லாயிரத்தவர் இதில் ஈடுபட்டுள்ளனர்.

சாதாரணமாகவே இயற்கையமைப்புகளில் இருந்து பல சாதனங்கள் நகல் செய்யப்பட்டுள்ளன. விமானங்களின் இறக்கைகள், சுக்கான்கள் போன்றவை பறவைகளின் உடல் பகுதிகளை ஒத்திருக்குமாறு செய்யப்படுகின்றன. மீன்களின் செவுள்களைப்போல நீரிலிருந்து ஆக்சிஜனைப் பெறவும், கரியமில வாயுபோன்ற கழிவுகளை வெளியேற்றவும் கூடிய சாதனங்கள் நீர்மூழ்கிக்கப்பல்களில் உள்ளன. செயற்கை நீரகங்கள், இதயங்கள் ஆகியவை வைத்தியர்களால் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. டால்பின் போன்ற மீன்களின் மேல்தோலைப் போல நீரின் இழுவைத் தடையைக் குறைக்கக் கூடிய ரப்பர் கவசங்கள் படகுகளில் பொருத்தப்படுகின்றன. ஆயினும், எலக்ட்ரானிக் அடிப்படையில் உயிரினங்களின் உறுப்புகளுக்கு மாற்றுகள் கண்டுபிடிப்பது மிகச் சிரமமாக உள்ளது. அமெரிக்காவில் ஒரு நுண்ணோக்கியல் கான்சர் அணுக்களை மற்ற நோயற்ற செல்களிலிருந்து பிரித்தறியக் கூடிய 'கண்கள்', மின் மூளைமானி தருகின்ற வரைபடங்களில் நோய்ச் சின்னங்களைக் கண்டுபிடிக்கிற 'கண்கள்', ஒரு பொருளை நெருங்கும்போது உள்ள இடைத் தொலைவை அளக்கும் விசிலாக் (visilog) 'கண்கள்' ஆகியவை உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. விசிலாக் கருவி மனிதனின் கண்போலவே செயல்படுகிறது. நாம் ஒரு சுவரை நோக்கிச் செல்லும்போது அதன் மேற்பரப்பு நமது விழித்திரையில் தாங்கும் திண்மக் கோணத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்தை வைத்து, நமக்கும் சுவற்றிற்கும் இடையிலுள்ள தொலைவை நிர்ணயிக்கிறோம். இதனால்தான் ஒரு சுவற்றை நோக்கி நகரும்போது அருகில் நெருங்கியதும் கால்கள் தாமாக நின்றுவிடுகின்றன. ஆனால், கண்ணாடிக் கதவுகளில் அடிக்கடி மோதிக் கொள்கிறோம். விசிலாக் கருவி இதுபோலத் தன்னை நோக்கி நகரும் பரப்புகளின் அமைப்பைக் கண்காணிக்கிறது. ஒரு வாகனத்தின் முகப்பில் ஒரு விசிலாக் கருவியைப் பொருத்திவிட்டால், அது வாகனம் ஒரு சுவற்றையோ, மற்றொரு வாகனத்தையோ அபாயகரமான அளவிற்கு நெருங்கும்போது எச்சரிக்கை செய்து மோதல்களைத்

தடுத்துவிடும். நிலவில் இறங்குகின்ற கருவிகள், நிலாத் தரையை நெருங்கும்போது விசிலாக் கருவியின் உதவியால் தமது வேகத்தைத் தக்கவாறு குறைத்துக் கொண்டு மெல்ல இறங்குகின்றன. குருடர்களுக்கு உதவுகின்ற வகையிலும் விசிலாக் கருவிகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.

ஸ்பர்ரிராண்ட் என்பார் உருவாக்கியுள்ள ஜைரட்ரான் என்னும் சுழலும் அங்கங்களில்லாத ஜைராஸ்கோப் கருவிக்கு ஆதாரம் சாதாரண ஈயே. ஈ பறக்கும்போது மேலெழும்பவும், திரும்பவும், தனது உடலில் நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் இரு உணர் தண்டுகளைப் பயன்படுத்தித் தன் சமநிலையைப் பராமரித்துக் கொள்கிறது. அவை காற்றியக்க அழுத்தத்தில் (aero dynamic pressure) ஏற்படும் மாற்றங்களை உடனடியாக ஈக்குத் தெரிவிக்கின்றன. இசைக் கவை போன்ற இந்தச் சாதனத்தைப் படியெடுத்து ராண்ட் ஒரு சிறிய வடிவுள்ள, உராய்வற்ற, அதிர்வுகளால் பாதிக்கப்படாத ஒரு ஜைராஸ் கோப்பை உருவாக்கியுள்ளார். நவீன ஏவுகணைகளில் இது ஒரு இன்றியமையாத உறுப்பாகிவிட்டது.

பீட்டில் வண்டினுடைய கண்கள் பல கூறுகளுள்ளவை. அவை இரண்டு அரைக் கோளங்களாகப் பிரிந்துள்ளன. தரையிலுள்ள பொருள்களைப் பார்த்துக் கொண்டு வண்டு தான் பறக்கும் விதத்தைக் கண்காணித்துக் கொள்கிறது. ஒரு மரம் அல்லது கல்லின் பிம்பம் தனது கண்ணின் ஒரு பாதியிலிருந்து மறுபாதிக்குச் செல்ல ஆகும் நேரத்திலிருந்து, தான் பறக்கும் வேகத்தை வண்டு அனுமானித்துவிடுகிறது. இதேபோல ஒரு விமானத்தின் இரு இடங்களில் இரு போட்டோ மின் கலங்களைப் பொருத்திவிட்டால் விமானம் பறக்கும் வேகத்தைத் துல்லியமாக அளந்துவிட முடிகிறது.

ஆந்தைகள் ஒலியைக் கேட்டுத் திசையறியும் காதுகளைப் பெற்றுள்ளன. இருட்டில் ஒரு எலி தனது இரையைக் கொறிக்கும் ஓசையைக் கேட்டு, அதன்மேல் குறி தவருமல் பாய்ந்து அதைப் பிடிக்கும் ஆற்றலை ஆந்தை பெற்றுள்ளது. எதிரிக் கப்பல்கள், விமானங்கள், நீர்மூழ்கிகள் ஆகியவற்றைக் கண்டு பிடிக்கும் சோனர் கருவிகளில் இத்தகைய அமைப்பு உள்ளது.

பல ஆண் விலங்குகள் தமது மூக்குகளின் உதவியால் பெண் விலங்குகளைக் கண்டு கொள்கின்றன. சாலமன் மீன்கள் தமது மூக்குகளைப் பயன்படுத்தித் தாம் முட்டையிட வேண்டிய தூய

நீர் நிலைகளை அடைகின்றன. இதேபோல வியர்வை, சிறுநீர் போன்றவற்றின் வாசனைகளை உணர்ந்து ஏவுகணைகளை இட்டுச் செல்லும் கருவிகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இதே கருவிகள் கெட்டுப்போன உணவுகள், ரசாயனங்கள், மருந்துகள் ஆகியவற்றைக் கண்டு பிடிக்கவும், தொழிற்சாலைகளிலும் போர்க்களங்களிலும் விஷவாயுக்களைக் கண்டுபிடித்து எச்சரிக்க வும் பயன்படுகின்றன. சிலவகை நோய்கள் உடலில் குறிப் பான நாற்றங்களை ஏற்படுத்துகின்றன. அத்தகைய நோய் களைக் கண்டுபிடிப்பதில் செயற்கை மூக்குகள் மருத்துவர்களுக்கு உதவும்.

இறுதியாக யாராலும் காப்பியடிக்க முடியாத உறுப்பு ஒன்று உள்ளது. அதுதான் மூளை. மூளைபோன்ற கைக்கு அடக்க மான ஒரு கம்பியூட்டரை உருவாக்கவே முடியவில்லை. அழிந்த செல்களுக்குப் பதிலாக புதிய செல்களை உருவாக்கிக் கொள்கிற சக்தியை மூளைமட்டுமே பெற்றுள்ளது. பிராணிகளுக்கு வியக்கத் தக்க திறமைகளைத் தந்துள்ள இந்த அவயவம் இயற்கையின் மாபெரும் சாதனையாகும். இடையன் பூச்சியானது ஒரு ஈ பறப் பதைப் பார்த்த மாத்திரத்திலேயே அதன் வேகம், பாதை, திசை ஆகியவற்றைக் கணித்துப் பாய்ந்து அதைப் பிடித்து விடுகிறது. இவ்வளவும் ஒரு விநாடியில் இருபதில் ஒரு பங்கிற்குள் நிகழ்ந்து முடிகிறது. மனிதனால் உருவாக்கப்பட்ட எந்த ஒரு தடங்காண் (Tracking) கருவியும் இந்தத் திறமையுடன் செயல்பட முடிய வில்லை. இத்தகைய மூளையுடன் ஒப்பிடுகையில் மிகமிக உயர்ந்த வகையான கம்பியூட்டர்கூட ஒரு மட்டமான கருவி தான். அதை ஓர் எறும்பின் மூளையுடன்கூட ஒப்பிட முடியாது. இயற்கையை முழுமையாக நகலெடுக்க முடியாவிட்டால்கூட உயிர் மின்னணுவியலின் உதவியால், இதுவரை கனவுகூடக் கண்டிராத சாதனங்களை உருவாக்கி மனித இனத்தின் நன்மைக்கு வழிகாட்ட முடியும்.

மேற்கோள் நூற்பட்டியல்

FUNDAMENTALS OF OPTICS—*Jenkins and White.*

HEAT AND THERMODYNAMICS—*Zemansky.*

ESSENTIALS OF BIOLOGICAL AND MEDICAL PHYSICS—*Ralph W. Stacy, David T. Williams, Ralph E. Worden and Rex O. Memorris.*

MODERN PHYSICS—*J. B. Rajam.*

PROPERTIES OF MATTER—*Newman and Searle.*

ELECTRICITY AND MAGNETISM—*Starling.*

SOUND—*Wood.*

பௌதிக வேதியியல்—ஓ. ஆர். சூரியநாராயணன்.

பொருட் பண்பியல்—கே. என். இராமசந்திரன்.

MOLECULAR BIOPHYSICS—*Richard B. Setlow and Earnest C. Pollard.*

BIOPHYSICAL SCIENCE : EUGENE ACKERMAN. A MANUAL OF PAPER CHROMATOGRAPHY AND PAPER ELECTROPHORESIS — *Richard J. Block, Emmett L. Durrum and Gunter Zweig.*

கலைச்சொற்கள்

A

Aberration — பிறழ்ச்சி
Ablation — நீக்கம்
Abscess — சீழ்க்கட்டி
Absolute — தனி
Absorbtion — உட்கவர்ச்சி
Acceleration — முடுக்கம்
Acceptor — ஏற்பி
Accommodation — தகவமைவு
Achromatic — நிறப்பிறழ்ச்சியற்ற
Acidosis — இரத்தத்தில் அமிலம் அதிகமாயிருத்தல்
Acne — பரு
Acaustics — ஒலியியல்
Action potential — இயங்கு மின்னழுத்தம்
Activity — கிளர்வு
Activated — வீரிய, கிளர்வுற்ற
Active centre — கிளர்வுகொள் மையம்
Active mass — நிறைக் கிளர்வு
Activity coefficient — கிளர்வு எண்
Addition compound — கூட்டுச் சேர்மம்
Adsorption — பரப்புக் கவர்ச்சி, பரப்பு ஊன்றுகை
Affinity — நாட்டம், ஈர்ப்பு
Agglutinisation — திரளுதல்
Alkali — காரம்
Alkalosis — இரத்தத்தில் காரம் அதிகமாயிருத்தல்
Alkylation — ஆல்கைல் ஏற்றுதல்

Allotropy — புற வேற்றுமை
Alveoli — நுரையீரல் நுண்ணறைகள்
Amorphous — படிக உருவற்ற
Amphoteric — ஈரியல்புள்ள
Ampholyte — ஈரியல்புள்ள மின்பகுபொருள்
Amplifier — பெருக்கி
Amplitude — வீச்சு
Analogy — ஒப்புவமை
Anabolic — வளர் மாற்றம்
Anaemia — இரத்த சோகை
Anaesthesia — வலி மரப்புப் பொருள்
Analyser — பகுப்பான்
Angle of contact — சேர்கோணம்
Angle of rotation — சுழல்கோணம்
Anode — நேர்மின்வாய்
Anion — நேர்மின்வாய் அயனி, எதிரின அயனி
Anticathode — மாற்று எதிர்மின்வாய்
Antirachitic — ரிக்கட்ஸ் எதிர்ப்புத் தன்மை
Aqueous Humor — முன்கண் ரசம்
Arbacia — அர்பேசியா
Arterio sclerosis — தமனி கெட்டிப்படுதல்
Arteriole — நுண்தமனி
Arthritis — மூட்டு வீக்கம்
Asphyscia — மூச்சடைப்பு
Association — சேர்க்கை
Astigmatism — அசமப்பார்வை
Astral fibres — தாரகை போன்ற இழைகள்
Asymptote — வரம்பிலித்தொடுவரை
Atomic number — அணு எண்
Atomic polarisability — அணு முனைவாகுதிறன்
Atomic weight — அணு எடை
Atmospheric pressure — வளி அழுத்தம்
Atmolysis — விரிவரல் பகுப்பு
Atony — வலுவற்று, முறுக்கற்று
Attenuation — குறைப்பான்
Attraction — கவர்ச்சி
Audibility — செவியுணர்திறன்
Audiometer — கேள்விதிறன் மானி
Auricular Fibrillation — மேலறை இழை அழற்சி

Auto catalysts — தம்வினை வேகமாற்றிகள்
Autoradiography — கதிரியக்க ரேகை முறைகள்
Autoradiogram — கதிரியக்க ரேகைப்படம்
Avagadro Number — அவகாட்ரோ எண்
Axis of Symmetry — சமச்சீர்மை அச்சு
Axon — ஆக்சான்
Axopodia — குச்சிபோன்ற போலிக் கால்கள்
Azeotropic Mixture — கொதிநிலை மாருக் கலவை

B

Backward reaction — பின்னோக்கு வினைகள்
Bacteria — பாக்டீரியா
Bad conductor — அரிதிற் கடத்தி
Basal Metabolic Rate — அடிப்படை வளர்சிதை மாற்ற வீதம்
Basic Unit — அடிப்படை அலகு
Bath — தொட்டி
Beam — கற்றை, தண்டு
Bel — பெல்
Biaxial — ஈரச்சு
Binary — இரட்டை
Bile — பித்த நீர்
Bio acoustics — உயிர் ஒலியியல்
Bire fringence — இரட்டை ஒளி விலக்கம்
Black body — கரும்பொருள்
Black Body Radiation — முழுக்கதிர் வீச்சு
Blood vessel — இரத்த நாளம்
Blood clot — இரத்தக் கட்டி
Body centered Crystal — உருவமையப் படிகம்
Boiling point — கொதி நிலை
Bond — பிணைப்பு
Bond-covalent — சகபிணைப்பு
Bond-dative, co-ordinate — ஈதல் பிணைப்பு
Bone cortex — எலும்பு புறப்பகுதி
Bone marrow — மஞ்ஞை
Brightness — பொலிவு
Brownian Motion — பிரௌனின் இயக்கம்
Bubble, Bulba — குமிழ்

Buffer solution	— தாங்கல் கரைசல்
Burns	— சூட்டுப் புண்கள்

C

Calibration	— அளவீடு செய்
Candle power	— வத்தித் திறன்
Capacitance	— மின்தேக்குத் திறன்
Cancer	— புற்றுநோய்
Caisson	— நீர் மூழ்கிக் கூடு
Calcination	— நீற்றுப் போதல்
Capillarity	— நுண்புழையியல்பு
Cardinal points	— அடிப்படைப் புள்ளிகள்
Cathode	— எதிர்மின்வாய்
Cation	— எதிர்மின்வாய் அயனி
Catabolic	— சிதைமாற்றம்
Capillary	— நுண்குழாய், தந்துகி
Catapult	— கவண்கருவி
Cardio-vascular	— இதயக்குழாய் சம்பந்தப் பட்ட
Catalyst	— வினைவேக மாற்றி
Cavitation	— கூடு ஆதல்
Cell	— மின்கலம், செல்
Centre of symmetry	— சமச்சீர்மை மையம்
Cerebral cortex	— பெருமூளை புறப்பகுதி
Cerebrospinal fluid	— மூளைத் தண்டுவட திரவம்
Central Maximum	— மையப் பெருமம்
Centre of Gravity	— புவி ஈர்ப்பு மையம்
Centrifugal Force	— மைய விலக்கு விசை
Centrifuge	— சென்ட்ரிபியூஜ், மையவிலக்கு இயந்திரம்
Chain principle	— சங்கிலிக் கொள்கை
Charge	— மின்
Charge density	— மின்னூட்ட அடர்வு
Chemical reaction	— ரசாயன வினை
Chemisorption	— ரசாயனக் கவர்ச்சி
Choroid	— விழியடிக் கரும்படலம்
Chelate compound	— கொடுகிணைப்புச் சேர்மம்
Chromosphere	— நிறமண்டலம்
Chromatic Aberration	— நிறப் பிறழ்ச்சி

Chromatography — வடிதாள் பிரிகை
Chromogram — வடிதாள் பிரிகைப் பதிவு
Circuit — மின்சுற்று
Circumference — பரிதி
Ciliary — சிலியறைத் தசை
Cleavage plane — பிளவுறு தளம்
Closed — முற்றுப்பெற்ற, மூடப்பட்ட
Coaxial — ஓரச்சான
Coefficient — எண்
Coenzyme — துணை என்சைம்
Cochlea — நத்தை எலும்பு, சுருள்வளை
Coagulation — உறைதல், தோய்தல், திரிதல்
Coalesce — ஒன்றுதல்
Colligative — தொகைசார்
Collodion — கொலாடியன்
Colloid — கூழ்ப்பொருள்
Colorimetry — நிறமானிமுறை
Column — தம்பம்
Coma — நினைவிழந்த தூக்கம், கோமா பிறழ்ச்சி
Compatible — உடனுறையக் கூடிய
Compensate — ஈடுசெய்
Complex ions — அணைவு அயனிகள்
Component — ஆக்கக்கூறு
Composition — இயைபு, அமைப்பு, கலப்பு விகிதம்
Compound — சேர்மம்
Compound Microscope — கூட்டு நுண்ணோக்கி
Concentration — செறிவு, அடர்வு
Concentric — ஒருமையின
Concept — பொதுக் கொள்கை
Concussion — நசுங்கிப் போதல்
Condenser — திரவமாக்கி, குவிப்பான், மின் ஏற்பி
Conductor — கடத்தி
Conductivity — கடத்து எண்
Conductance — கடத்து திறன்
Cone — கூம்பு
Configuration — வெளி உருவம்

Conjugate — பரிமாற்று
Consolute temperature — கரைசல் ஒன்றும் வெப்பநிலை
Constitution — அமைப்பு
Contract process — தொடுகை முறை
Contagious — தொற்று
Contract — சுருங்குதல்
Contrast — வேறுபட்டுத் தெரிதல்
Convection — வெப்பச் சலனம்
Convention — மரபு
Converge — குவிதல்
Co-ordinate — ஆயம்
Cornea — விழிவெளிப் படலம்
Corona — ஒளிவட்டம்
Coronary — இதயம் சம்பந்தப்பட்ட
Corpuscle — துகள்
Corrode — அரித்துவிடுதல்
Cortex — புறப்பகுதி
Couple — விசையிரட்டை
Covalency — சகபிணைப்பு
Critical state — மாறுதான நிலை
Crest — முகடு
Cupellation — புடமிடுதல்
Culture — வளர் ஊடகம்
Curvature of the field — புல வளைவு

D

Dark Reaction — இருள் வினை
Deactivation — வீரியம் நீக்குதல்
Decay — சிதைவு
Decibel — டெசிபெல்
Deciccator — உலர்கலம்
Decompose — சிதை
Defect — குறைபாடு
Definition — வரையறுத்தல்
Deformation — உருவமாற்றம்
Dehydrate — நீர் நீக்கு
Demulsification — பால்மம் அழிப்பு
Denatured — இயல்பு மாற்றப்பட்ட
Denominator — பகுதி எண்

Depression — இறக்கம்
Depilate — மயிர் நீக்கு
Derivative ... விளைபொருள்
Desorption — பரப்பு ஊன்றுகை நீக்கம்
Destructive Distillation — சிதைத்து வடித்தல்
Deviation — திசைமாற்றம்
Dexitropic — வலப்புறத்தில் திரும்பி வளர்தல்
Dextrorotary — வலம்புரிச் சுழற்சி
Denervation — நரம்புச் சிதைவு
Degree of Dissociation — அயனிப் பிரிகை வீதம்
Deliquescence — நீர்த்தல்
Detergent — சுத்திகரிப்புப் பொருள்
Develop — உருத் துவக்கம்
Diabetes — நீரிழிவு
Diagnosis — இனம் காணுதல்
Dialysis — கூழ்படிகப் பிரிவு
Diamond — வைரம்
Diapedesis — வெள்ளையணுக்கள் இரத்த நாளங்களிலிருந்து வெளியேறுதல்
Diaphoresis — செயற்கை வியர்வை
Diaphragm — திரை
Diaphysis — எலும்பு நீட்டம்
Diarrhoea — வயிற்றுப் போக்கு
Diathermy — மின் ஓத்தடம்
Diachroism — இருநிறம் காட்டும் பண்பு
Diffraction — விளிம்பு விலகல்
Diffusion — விரவல்
Dimerisation — இருபடியாக்கல்
Dielectric Constant — மின் கடத்த மாறிலி
Dipole — இருமுனை
Discharge — மின்னிறக்கம்
Disinfectant — தொற்று நீக்கி
Dioptre — டயாப்டர்
Dillution Law — நீர்த்த பருமநிலை விதி
Dispersion Medium — பிரிகைநிலை ஊடகம்
Distortion — உருக்குலைவு
Dissociation — பிரிகை
Double bond — இரட்டைப் பிணைப்பு

Drop Number	—	துளி எண்
Ductile	—	கம்பி நீளும் தன்மை
Dynamic Equilibrium	—	இயக்கச் சமநிலை

E

Earphone	—	காதொலியம்
Edema	—	நீர்கோத்தல்
Effervescence	—	நுரைத்தல்
Efflorescence	—	பொரிதல், தூள் பூத்தல்
Elasticity	—	மீட்சித் தன்மை
Elasmobranch	—	குருத்தெலும்பு மீன்
Electrode	—	மின்வாய்
Electrolytic cell	—	மின்பகு கலம்
Electronic conductor	—	மின்னோட்டம் கடத்தி
Electrolytic conductor	—	மின்பகுப்புக் கடத்தி
Electro cardiograph	—	மின் இதயமானி (ECG)
Electro encepalograph	—	மின் மூளைமானி (EEG)
Electrophoresis	—	மின்வாய்க் கவர்ச்சி
Electro osmosis	—	மின்னூல் பரவல்
Electronegativity	—	எலக்ட்ரான் கவர் ஆற்றல்
Electrovalent	—	அயனி இணைதிறன்
Elevation	—	ஏற்றம்
Elution, Eluate	—	கழிவு நீர்
Electro endosmosis	—	மின்னூல் ஊடுபரவல்
Embolus	—	இரத்தக் குழாயில் தடங்கல்
Empirical	—	விகித வாய்ப்பாடு
Emulsion	—	பால்மம்
Enantiotropic	—	மையத்திற்கு இருபுறமும் ஒத்த வடிவுள்ள
Endosmosis	—	உள்ளூடு பரவல்
Enzyme	—	என்சைம், நொதி
Epilepsy	—	காக்கை வலிப்பு
Epiphyseal	—	எலும்பு வெளி வளர்ச்சி
Equivalent weight	—	சமான எடை
Equivalence	—	சமான நிலை
Equilibrium	—	சம நிலை
Erethema	—	சிவந்து போதல்
Evolution	—	பரிணமம்
Exploring lead	—	சோதிப்பு முனை

Exponential	—	படிக்குறி வடிவுள்ள
Exothermic	—	வெப்பம் உமிழ்வினை
Erythrocytes	—	சிவப்பணுக்கள்
Extraordinary	—	அசாதாரண
Eyepiece	—	கண் கருவி

F

Febrile	—	சுரம் உள்ள
Fibrin	—	ஃபைப்ரின்
Fibrillation	—	இழை அழற்சி
—Auricular	—	இதய மேலறை இழை அழற்சி
—Ventricular	—	இதயக் கீழறை இழை அழற்சி
Fibres	—	நரம்பு இழைகள்
Filapodia	—	இழைபோன்ற போலிக்கால்கள்
Filtrate	—	வடிதிரவம்
Fixed	—	நிலையான
Flagellae	—	கசை இழைகள்
Flash	—	மின்னல்
Fluorescence	—	உறிஞ்சி ஒளிவீசல்
Flux	—	இளக்கி, பாயம்
Focus	—	குவியம்
Foot candle	—	அடி வத்தி
Forward reaction	—	முன்னோக்கு வினை
Fraction	—	பின்னம்
Fractional distillation	—	வடித்துப் பிரித்தல்
Freezing mixture	—	உறைகலவை
Freezing point	—	உறைநிலை
Fragility	—	சிதையும் தன்மை
Froth	—	நுரை
Functional activity	—	பயன்தரு செயல்திறன்
Fungi	—	காளான்கள்

G

Ganglion	—	நரம்புச் செல் திரள்
Gel	—	களி, ஜெல்
Geometric optics	—	வடிவ ஒளியியல்

Gold number — கூழ்காப்புத்திறன் எண்
Gono coccus — குனோரியா கிருமி
Gradation — படிப்படியான மாற்றம்
Granule — ரவை
Gravimetric — எடையறி
Gram atom — கிராம் அணு
Grating — கீற்றணி
Group Displacement Law — குழு இடப்பெயர்ச்சி விதி
Guncotton — வெடி பஞ்சு
Gum acacia — மரக்கோந்து

H

Haemorrhage — ரத்த ஒழுக்கு
Haemolysis — சிவப்பணுச் சிதைவு
Hair dryer — மயிர் உலர்த்தி, காற்றூதி
Halogen — உப்பீனி
Half life — அரை ஆயுள்
Heat exchanger — வெப்பப் பரிமாற்றி
Heat transfer coefficient — வெப்பப் பாய்வு எண்
Heterogenous — பலபடித்தான
Hermophrodite — இருமுனையுள்ள
Histology — திசுவியல்
Hit — தாக்கு
Homeothermic — வெப்ப இரத்த விலங்கு
Homogenous — ஒருபடித்தான
Hybrid — கலப்பினம்
Hydrous — நீரேறிய
Hydration — நீர்ச்சூழல்
Hydrogenation — ஹைட்ரஜனேற்றம்
Hydrolases — நீரால் பகு என்சைம்கள்
Hydrolysis — நீரால் பகுப்பு
Hydrophylic — நீர்விரும்பும்
Hygroscopic — ஈரநைப்புள்ள
Hyper tension — இரத்த அழுத்த நோய்
Hypertonic — குறைந்த வலுவுள்ள
Hyperopia — எட்டப்பார்வை
Hypotonic — உயர்ந்த வலுவுள்ள

I

Icteric — காமாலை பீடித்த
Ideal system — லட்சியத் தொகுப்பு

Illumination — ஒளி விளக்கம்
Image space — பிம்பவெளி
Imbibation — நீர் உறிஞ்சல்
Impedence — மின் எதிர்ப்பு
Impulse — சங்கேதம், உணர்வலை
Incineration — சாம்பலாக்கல்
Incrustation — பொருக்கு
Indicator — காட்டி, நிறம்காட்டி
Inductance — மின்தூண்டல்
Indifferent electrode — தலையிடா மின்வாய்
Inference — ஊகம்
Infinite — வரம்பிலா
Inhibitor — தடுப்பு
Interfacial — முகவிடை
Intensity — செறிவு
Insect — அறுகாலி
Innervated — நரம்பாலிணைந்த
Inorganic — கனிம
Ionic micelle — கூழ்நிலை அயனிக்கூட்டம்
Ionic Theory — அயனிக் கோட்பாடு
Ionisation — அயனியாக்கம்
Ionic equivalents — அயனிச் சமான அளவு
Iono phorescis — மின்வாய் அயனிக் கவர்ச்சி
Iris — விழித்துளை
Irreversible — மீள்திறனற்ற
Isinglass — மீன் சவ்வு
Isoelectric points — மாருமின்னுள்ள
Isomorphism — வடிவ ஒற்றுமை
Isothermal — மாரு வெப்பநிலைக் கோடு
Isotonic — சமவலுவுள்ள
Isotope — ஐசடோப்
Isomotic — சமபரவல் அழுத்தமுள்ள

J

Jaundice — மஞ்சள் காமாலை
Jockey — சறுக்குச் சாவி
Jolt — குலுக்கம்

K

Kidney — சிறுநீரகம்
Kinetic Theory — இயக்கக் கோட்பாடு

L

Latent heat — உள்ளுறை வெப்பம்
Lattice — அணிக்கோவை]
Law of Mass Action — நிறைதாக்க விதி
Laevorotatory — இடம்புரிச் சுழற்சி
Limen — உணர்வுக் கீழ்வரம்பு
Limiting value — எல்லை மதிப்பு
Linear Relation — நேர்கோட்டுறவு
Lipid — கொழுப்புப் பொருள்
Liquation — உருக்கிப் பிரித்தல்
Liver — கல்லீரல்
Local heating — தல அல்லது தனிமைச் சூடு
Locate — இடங்காணுதல்
Luminescence — ஒளிப் பொலிவு
Luminous intensity — ஒளிவீசு திறன் அல்லது ஒளி விளக்கச் செறிவு
Lumbago — இடுப்பு வலி
Lungs — நுரையீரல்
Lymph — நிணநீர்
Lyolosis — கரைசலால் பகுப்பு
Lyophilic — கரைப்பான் விரும்பும்
Lyopholic — கரைப்பான் வெறுக்கும்

M

Magnification — உருப்பெருக்கம்
Malleable — தகடாக்கத்தக்க
Mammal — பாலூட்டி
Massage — தேய்ப்பு
Matter — பொருள்
Maximum — பெருமம்
Meatus — குழாய்
Meniscus — பிறைத்தலம்
Metamorphism — உருமாறல்
Metre candle — மீட்டர் வத்தி

Microscope	—	நுண்ணோக்கி
—Ultra microscope	—	மிகுநுண்ணோக்கி
—Electron microscope	—	எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி
Minimum	—	சிறுமம்
Mixed catalyst	—	வினைவேகமாற்றிக் கலவை
Mobility	—	இயங்குதிறன்
Mole	—	கிராம் மூலக்கூறு, மோல்
Molality	—	மோலாலிடி, கிராம் மூலக்கூறு கரைதிறன்
Monoclinic	—	ஒற்றைச் செறிவுள்ள
Monotropic	—	ஒருதிசை உருமாற்றம்
Mordant	—	நிறம் ஊன்றி
Mosaic virus	—	மோசேக் வைரஸ்
Mother liquor	—	மூலக் கரைசல்
Mountain disease	—	மலைநோய்
Muffle furnace	—	மூட்ட வெப்ப உலை
Mutation	—	திடீர் மாற்றம்
Myelin sheath	—	மயலின் உறை
Mynomes	—	தசை மெல்லிழைகள்
Myocitis	—	தசை வீக்கம்
Myolgia	—	தசை வலி
Myopia	—	கிட்டப் பார்வை

N

Nascent	—	பிறவிநிலை
Near point	—	அண்மைப் புள்ளி
Necrosis	—	உடலின் ஒரு பகுதி மட்டும் சாவது
Neuralgia	—	நரம்புவலி
Neuron	—	நரம்பணு, நரம்புச்செல்
Neuritis	—	நரம்பு வீக்கம்
Neurofibromas	—	நரம்பு இழைடியூமர்
Neutrality	—	நடுநிலைமை
Neutralisation	—	நடுநிலையாக்கல்
Nodal point	—	அதிர்விலாப் புள்ளி
Non-elastic	—	மீட்சியற்ற
Normality	—	நார்மாலிடி — ஒரு லிட்டரில் உள்ள கரைபொருளின் கிராம் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை

Nucleus — கரு, அணுக்கரு
Numerator — தொகுதி எண்
Numerical aperture — துளை எண்

O

Obliterans — மூடுகுழாய்கள்
Objective — பொருள் கருவி
Objective space — பொருள் வெளி
Occlusion — உட்கவர்தல்
Octahedral — எண்முகமுள்ள
Octet — எட்டெண் கூட்டம்
Oil immersion — எண்ணெய் அமிழ்வு
Optical activity — ஒளி விளைவு
Optical rotation — ஒளித்தளச் சுழற்சி
Optical axis — ஒளி அச்சு
Optic centre — ஒளி மையம்
Optimum — உகப்பான
Ordinary ray — சாதாரணக் கதிர்
Oriented — ஒருமுகப்பட்ட
Origin — மூலம், துவக்கம்
Organic — கரிம, அங்கக
Oscillator — அதிர்வி
Osmosis — சவ்வூடு பரவல்
Oxidation — ஆக்ஸிஜனேற்றம்

P

Pancreas — கணையம்
Partial pressure — பகுதி அழுத்தம்
Partition Method — பங்கீடு அல்லது பிரிவினை முறை
Passivity — செயலறுநிலை
Pattern — பாங்கம்
Perfect gas — லட்சிய வாயு
Perfect diffusic surface — லட்சியக் கசிவுப் பரப்பு
Percentage saturation — செறிவுச் சதவீதம்
Peptisation — கூழ்நிலையாக்கல்
Peripheral — மேல்புற
Permanent gas — நிரந்தர வாயு
Permeability — செலுத்துகை

Phase	—	கட்டம் நிலைமை
Phase difference	—	கட்ட வேற்றுமை
Phone	—	ஃபோன்
Photon	—	ஃபோட்டான்
Photoelastic effect	—	ஒளியியல் மீட்சி விளைவு
Photometry	—	ஒளி அளவியல்
Photopic	—	வெளிச்சப் பார்வை
Photo receptor	—	ஒளிவாங்கி
Photo sensitisation	—	ஒளிக் கூச்சநோய்
Phototropism	—	ஒளிநாட்டம்
Pigment	—	நிறமி
Pink	—	ஊதா
Pitch	—	சுருதி
Plasmolysis	—	பிளாஸ்மா சவ்வுச் சுருக்கம்
Plane polarised	—	ஒருதள விளைவுற்ற
Poiklothermic	—	குளிர் இரத்தப் (பிராணிகள்)
Paise	—	பாய்ஸ்
Point Heat Theory	—	கூட்டுப்புள்ளிக் கொள்கை
Polarisation	—	துருவகரணம், தளவிளைவு
Polarimeter	—	ஒளிச்சுழற்சிமானி
Polybasic acids	—	பன்மைக் கார அமிலங்கள்
Polymorphism	—	பல்லுருவங்கள்
Polymer	—	பல்படி
Positive ray	—	நேரினக் கதிர்
Precipitate	—	வீழ்படிவு
Predominent	—	மேலோங்கிய
Preferential	—	சலுகை, முன்னுரிமை
Presbyopia	—	பார்வைமுப்பு
Pressure level	—	அழுத்த மட்டம்
Principal plane	—	முதன்மைத் தளம்
Product	—	விளைபொருள்
Promoter	—	தூண்டி
Prosthetic	—	கூட்டுப் புரதங்கள்
Protective action	—	காப்புச் செயல்
Protein	—	புரதம்
Protozoa	—	ஒருசெல் உயிரி
Pseudo	—	போலி
Psoariasis	—	தோல்புண்
Psychology	—	உளவியல்
Pungent	—	காரநெடி

Pulse	—	துடிப்பு
Pulmonary	—	நுரையீரல் சம்பந்தப்பட்ட
Purple	—	ஊதா
Pyralysis	—	வெப்பச்சிதைவு

Q

Quantitative	—	தொகைசார்
Qualitative	—	பண்புசார்
Quarter wavelength plate	—	கால்அலைநீளத் தகடு
Quotient	—	ஈவு

R

Radical	—	உறுப்பு
Radio active	—	கதிரியக்கமுள்ள
Radio autography	—	கதிரியக்க ரேகை முறைகள்
Rare earth	—	அருமண்
Reactance	—	மின்மறுப்பு
Reactant	—	வினைசெய்பொருள்
Reagent	—	வினையாக்கி
Reference	—	மேற்கோள்
Reflex	—	அனிச்சை
Reduction	—	ஆக்ஸிஜனிறக்கம்
Red carpuscle	—	இரத்தச் சிவப்பணு
Relative velocity	—	ஒப்புத் திசைவேகம்
Resistivity	—	மின்தடை எண்
Response	—	துலக்கம்
Respiration	—	சுவாசம்
Resolving power	—	பகுதிறன்
Resting potential	—	ஓய்வு மின்னழுத்தம்
Reversible	—	மீள்திறனுள்ள
Rheumatioid	—	தசை அல்லது மூட்டுப்பிடிப்பு
Rock salt	—	இந்துப்பு
Rods	—	இழைத்தண்டு, உணர்கோல்கள்
Rotary	—	சுழல்கிற

S

Saline water	—	உப்புநீர்
Salting out	—	உப்பிட்டு வெளியேற்றல்

Sample	—	மாதிரி
Saturated vapour	—	தெவிட்டிய ஆவி
Sciatica	—	அடிமுதுகு நரம்புவலி
Sciatic nerve	—	அடிமுதுகு நரம்பு
Scopotic	—	இருள் பார்வை
Sediment	—	வண்டல்
Sedimentation	—	படிதல்
Selective permeable	—	தேர்ந்துவிடும்
Semi permeable	—	பகுதிவிடும்
Sensitive	—	உணர்வுமிக்க
Sensor	—	உணர் உறுப்பு
Serum	—	சீரம்
Shape factor	—	உருவக் காரணி
Sinusoidal	—	அலைவடிவ
Siren	—	சங்கு
Slacked lime	—	நீர்த்த சுண்ணாம்பு
Sal	—	கரைசால்
Solid angle	—	திண்மக்கோணம்
Salvation	—	கரைப்பான் சூழல்
Salvalysis	—	கரைசலால் பகுப்பு
Solubility	—	கரைதிறன்
Solubility product	—	கரைதிறன் பெருக்கம்
Solution	—	கரைசல்
Solvent	—	கரைப்பான்
Solute	—	கரைபொருள்
Space	—	வெளி
Specific rotary power	—	சுழற்று திறன் எண்
Spectrometer	—	நிறமாலைமானி
Specific resistance	—	மின்தடை எண்
Specific conductance	—	மின்கடத்து எண்
Sperm	—	விந்தணு
Spherical aberration	—	உருட்சிப் பிழை
Spindle fibres	—	கதிரி இழைகள்
Spleen	—	மண்ணீரல்
Squar waves	—	சதுர அலைகள்
Stabilises	—	நிலைப்படுத்தி
Standard	—	படித்தரம்
Stimulation	—	தூண்டல்
Stimuli	—	தூண்டு அலைகள்
Stops	—	தடுப்புகள்

Streaming potential — பாய்ச்சல் மின்தேட்டம்
Strong — வீரிய
Stroma — செல்லிலுள்ள அடர்வுமிகு பொருள்
Substrate — தளப்பொருள்
Supercooled — மிகு குளிர்ச்சியடைந்த
Supersaturated — மிகு தெவிட்டிய
Supperative — சீழ்பிடிக்கிற
Surface layer — பரப்புப் படலம்
Surface tension — பரப்பு இழுவிசை
Suspension solution — தொங்கு கரைசல்
Synapses — நியூரான் இணைப்பு
Syndrome — நிகழ்ச்சித் தொடர்
Symmetry — சமச்சீர்மை
System — தொகுப்பு
Systole — இதயச் சுருக்கம்

T

Target — இலக்கு
Tautometric — உருவச் சமமுள்ள
Telimetry — தொலைப்பதிவு
Tempring — தோய்த்தல்
Terminal velocity — முற்றுத் திசைவேகம்
Thermostat — வெப்பநிலையை மாருமல் வைக்கும் கருவி
Thermal circulation Index — வெப்ப இரத்தஓட்ட எண்
Thermal diffusion — வெப்பத்தால் பரவல்
Theoretical — கொள்கைப்படியான
Thixotropic — குலுக்கிஞல் பாகுநிலை குறைகின்ற
Thoracic — நிணநீர்க் குழாய்
Threshold — உணர் தொடக்க அளவு
Tieline — பிணைப்புக் கோடு
Tissue — திசு
Titration — தரம்பார்த்தல்
Tolerance — தாங்கு தன்மை
Total Luminous flux — மொத்த ஒளிவிளக்கப் பாயம்
Toxic — நச்சுத் தன்மையுள்ள
Tracer — தடம்காட்டி
Trachoma — இமைப்புண்

Transition temperature — நிலைமாறு வெப்பநிலை
Tansport cell — மின்பெயர்ச்சிக் கலம்
Transport number — மின்பெயர்ச்சி எண்
Transfusion — உடலுட் செலுத்தல்
Transducer — ஆற்றல் வகைமாற்றி
Transmutation — கருமாற்றம்
Tranmatic — காயமுற்ற
Triclinic crystal — ட்ரைக்ளினிக் படிகம்
Trough — அகடு, தொட்டி
Trugor — வீங்கிய, பெருத்த

U

Ultrasonics — கேளா ஒலிகள்
Ultra microscope — மிகுநுண்ணோக்கி
Uniaxial — ஓரச்சான
Unipolar lead — ஒற்றை மின்வாய்ப் பாதை
Unit cell — அலகு கூடு
Unsaturated — தெவிட்டாத
Universal — அனைத்து
Urine — சிறுநீர்

V

Vagal — 10ஆவது கபால நரம்பு சம்பந்தப்பட்ட
Vapourisation — ஆவியாதல்
Vapour pressure — ஆவி அழுத்தம்
Vascular — குழலான
Vein — சிரை
Venous blood — சிரை இரத்தம்
Visceral — உடம்பில் உள்ள உறுப்பு
Viscosity — பாகுநிலை
Viscometer — பாகுநிலை மானி
Visual purple — பார்வை நிறமி
Voltameter — மின்முறிகலம்

W

Weak electrolyte — எளிதில் மின்பகாப் பொருள்
Weak — வீரியமற்ற

Y

Yeast — ஈஸ்டு
Yield — விளைந்த அளவு

Z

Zinc — துத்தநாகம்
Zwitter — இருமுனையுள்ள

பொருட்குறிப்பகராதி